



Universidade de Aveiro Departamento de Geociências
2007

Marcelo Lopes Nunes **Diagnóstico da qualidade ambiental das bacias do rio Mau e Caima. Estudo da dinâmica dos processos naturais e antrópicos e definição de zonas vulneráveis**



Marcelo Lopes Nunes Diagnóstico da qualidade ambiental das bacias do rio Mau e Caima. Estudo da dinâmica dos processos naturais e antrópicos e definição de zonas vulneráveis

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Geociências, realizada sob a orientação científica do Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro e Doutora Salomé Fernandes Pinheiro de Almeida, Professora Auxiliar do Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro

Esta tese foi financiada no âmbito do Contrato Programa celebrado entre a Unidade de Investigação ELMAS – Evolução Litosférica e do Meio Ambiental de Superfície e o Instituto de Investigação da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Doutor Fernando Joaquim Fernandes Tavares Rocha
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Doutor Edmundo Manuel Cardoso Fonseca
Professor Catedrático Aposentado da Universidade de Aveiro

Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro (Orientador)

Doutor Iuliu Bobos-Radu
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Doutor António José Brito da Fonseca de Mendes Calado
Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutora Salomé Fernandes Pinheiro de Almeida
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (Co-Orientadora)

Mestre Luc Marie Roland Godelieve Ector
Sénior Researcher, Public Research Center Gabriel Lippmann, Luxemburgo

agradecimentos

Desejo agradecer a todas as pessoas que directa ou indirectamente deram o seu contributo e que tornaram possível a realização deste trabalho, nomeadamente:

Ao professor Doutor Eduardo Anselmo Ferreira da Silva por ter aceite ser meu orientador, por me ter proposto este tema, pela sua disponibilidade, pela firmeza nos propósitos e incentivo ao longo do trabalho.

A professora Doutora Salomé Almeida, por ter aceite ser minha co-orientadora, pela sua disponibilidade, pela paciência e dedicação na orientação de um tema fora de minha área de conhecimentos, pelas conversas e conselhos nas horas mais difíceis e pelo incentivo ao longo do trabalho.

Ao professor Doutor Edmundo Cardoso da Fonseca, por ter sido o primeiro contacto dentro da Universidade de Aveiro e por ter encaminhado a minha solicitação para realizar o curso de doutoramento.

Aos professores, Hélder Chaminé, pela disposição, conhecimentos e apoio na caracterização geológica da área estudada, Rosa Maria Ferreira Pinho, pela disposição, conhecimentos e pelo apoio ao trabalho de campo durante as colheitas do material vegetal.

Ao Instituto Geológico Mineiro as facilidades acordadas no acesso às informações existentes nos seus arquivos e em especial, aos profissionais, Doutor Santos Oliveira e Doutora Paula Ávila, pela disposição, atenção, informação e por disponibilizar material bibliográfico.

A Doutora Ana Bela Dias, pela amizade, pelo apoio e atenção dada sempre que solicitada e pela grata lembrança de ser a portadora, no Brasil, da notícia da aprovação da bolsa para a realização do Doutoramento.

Aos professores dos Departamentos de Geociências e Biologia, António Augusto Soares de Andrade, Serrano Pinto, Fernando Almeida, Jorge Medina, Celso Gomes, Marques da Silva, Paula Reis, António Calado, Cândida Gil e Jorge Rino pelo convívio, conhecimentos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Geociências e Biologia, Estelina, Dona Rosa, Paula Cristina Pires, Paulo Julião, João Simões Graça, Maria Graça Almeida e Sandra Calado pela atenção e colaboração imprescindível, e particularmente, a Doutora Carla Patinha e Sra. Maria Hélia da Cruz Ferraz Lopes, pelo importante apoio e transmissão de conhecimentos durante os trabalhos de laboratório.

A todos os colegas de pós graduação da Geociências e Biologia, Estêvão, Sofia Leite, Jesus Vidinha, Paulo Morgado, Teresa, João da Madeira, Luís Serrano Pinto, Eduardo Ferraz, Virgínia Martins, Paulo, Denise Lara Terroso, Carla Castro, Ana Tim-Tim, Ana e Sónia, pelo convívio, pelo aprendizado, pelos momentos de descontração e principalmente pela amizade.

A Universidade de Aveiro pelo suporte técnico e de equipamentos e principalmente pelo suporte financeiro.

A minha família pela origem de tudo, e principalmente pela minha tia Cristina e a minha avó Iracema (*em memória*), pela constante luta e incentivo aos estudos.

Aos meus sogros e cunhadas, pelo apoio, carinho, e por tudo que representam para mim.

E por fim, em especial, à minha mulher Carla, pelo amor, amizade, dedicação, compreensão, coragem, apoio e conselhos nos momentos mais difíceis e por ser uma das pessoas mais importantes em minha vida.

palavras-chave

Bacia Hidrográfica do rio Caima e Mau, elementos vestigiais, sedimentos de linhas de água, águas de superfície, diatomáceas.

resumo

O estudo geoquímico e biológico realizado na bacia hidrográfica do rio Caima permitiu a identificação e a avaliação dos impactos ambientais nesta bacia hidrográfica com particular ênfase nas áreas envolventes de antigas áreas mineiras. Nestas áreas foram detectadas concentrações elevadas em Pb, Zn, Cd, Cu e Fe nos sedimentos de corrente e em Pb e Zn nas águas de superfície (especialmente no período do Outono). Uma avaliação completa da qualidade do meio aquático foi estabelecida a partir da associação de índices geoquímicos (Índice de Contaminação-IC) com índices biológicos (Índice de Poluossensibilidade Específica-IPS e o Índice Biológico Diatómico-IBD).

keywords

Caima and Mau river basins; trace elements; stream sediments; surface water; diatoms.

abstract

The main purpose of the geochemical and biological study was the identification and assessment of the possible environmental impacts in the hydrographical basin of Caima and Mau rivers, with special emphasis on the areas surrounding old mines of Pb, Cd and Zn. Data from stream sediment samples (minus 80 mesh fraction) were used to undertake a preliminary delimitation of the extent of contamination from Coval da Mó, Palhal and Braçal mines.

The chemical data, particularly Pb, Cd and Zn concentrations, reveal that significant environmental contamination occurs in the vicinity of the abandoned mines. The presence of tailing deposits is identified as the main source of Pb, Cd and Zn in the area. Extremely high Pb (3303 mg kg^{-1}) and Cd (18.5 mg kg^{-1}) concentrations were observed in stream sediments collected in the Corga do Coval da Mó and Mau streams as a result of the surface runoff. A decreasing metal gradient was observed from Corga do Coval da Mó stream down to the Caima river.

In order to study the effects of anthropogenic contaminants and other environmental variables on the taxonomic composition, structure and morphological changes of benthic diatom communities within a former mining area (Coval da Mó), 20 sites were selected in the Caima and Mau river basins.

At the mining area, in the Corga do Coval da Mó stream, diatoms were extremely rare. Two km downstream low abundance and diversity of diatom taxa indicated a stressed environment. There, especially, *Fragilaria capucina* var. *rumpens* but also *Fragilaria crotonensis* and *Achnantheidium minutissimum* showed abnormal valves which may be related to the high levels of metals in this area. Six km downstream in Fílvida mainstream, an increase in species richness and diversity was registered while the relative percentage of teratologies was lower. Available data on water chemistry suggest that the diatom community patterns are mostly justified by the metal contamination, because nutrients and organic matter revealed low concentrations, and acidification did not occur.

The levels obtained for heavy metal concentration in sediments (in particular Pb, Zn, Cd, Cu and Fe) and those obtained for superficial waters (Pb and Zn only in autumn), showed the existence of contamination in the surroundings of industrial and abandoned mining areas. A more reliable interpretation of the collected data and a more complete assessment of the water quality were made possible by the association of geochemical indices (CI – Contamination Index) and biological indices SPI - Specific Pollution Sensitivity and BDI – Biological Diatom Index).

Agradecimentos

Resumo

Abstract

Índice

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL **01**

1.1 – Apresentação	3
--------------------	---

CAPÍTULO 2 – ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO **11**

2.1 – Enquadramento Geográfico e Fisiográfico	13
2.2 – Topografia e Geomorfologia	14
2.2.1 – Bacia hidrográfica do rio Caima	16
2.2.2 – Bacia hidrográfica do rio Mau	21
2.3 – Climatologia	22
2.4 – Enquadramento Geológico	27
2.4.1 – Geologia Regional: uma síntese	27
2.4.2 – Esboço geológico estrutural das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau.	28
2.4.3 – Unidades geológicas	31
2.4.3.1 – Depósitos de cobertura	31
2.4.3.2 – Rochas metassedimentares	33
2.4.3.3. - Rochas granitóides	34
2.4.3.4 - Rochas filonianas	36
2.5 – Recursos Minerais	37
2.5.1 – Caracterização das áreas de antigas minas	39
2.5.1.1 – Complexo do Palhal (Minas – Palhal, Telhadela, Cardeal de Cima)	39
2.5.1.2 – Complexo do Braçal (Minas – Braçal, Malhada, Coval da Mó)	40
2.6 – Pedologia e Flora	42
2.7 – Enquadramento Sócio-Económico	47
2.7.1 – Actividade industrial	48
2.7.2 – Actividade agrícola e ocupação do solo	55
2.7.3 – Actividades domésticas	59

CAPÍTULO 3 – METODOS E TÉCNICAS DE ANALISE **69**

3.1 – Amostragem	71
3.1.1 – Material de escombreira	71
3.1.2 – Sedimentos de linhas de água	75
3.1.3 – Solo-substrato	77
3.1.4 – Plantas vasculares	78

3.1.5 – Águas superficiais	80
3.1.5.1 - Parâmetros determinados <i>in situ</i>	80
3.1.5.2 - Colheita de água para determinação de parâmetros químicos no laboratório	80
3.1.6 – Amostragem de Diatomáceas Epilíticas (Classe <i>Bacillariophyceae</i>)	82
3.2 – Localização geográfica e descrição detalhada dos locais de amostragem de águas superficiais e diatomáceas	84
3.2.1 – Bacia hidrográfica do rio Caima	84
3.2.1.1 - Estação SF1 (Serra da Freita)	84
3.2.1.2 - Estação C18 (Castelões)	85
3.2.1.3 - Estação C23 (Barbeito)	86
3.2.1.4 - Estação C39 (Ossela)	88
3.2.1.5 - Estação C66 (a montante da mina do Palhal)	89
3.2.1.6 - Estação MP (mina do Palhal)	90
3.2.1.7 - Estação C68 (a jusante a mina do Palhal)	92
3.2.1.8 - Estação C74 (a jusante da Fábrica de Papel do Caima)	93
3.2.1.9 - Estação MCM (Mina do Coval da Mó)	95
3.2.1.10 - Estação C79 (Bosturenga)	97
3.2.1.11 - Estação C85 (foz do rio Fílvida).	99
3.2.1.12 - Estação C93 (a jusante da foz do rio Fílvida)	101
3.2.1.13 - Estação C99 (rio Caima)	102
3.2.2 – Bacia hidrográfica do rio Mau	103
3.2.2.1 - Estação M25 (a jusante a mina da Malhada)	103
3.2.2.2 - Estação M29	104
3.2.2.3 - Estação MB (mina do Braçal)	105
3.2.2.4 - Estação M66 (foz do rio Mau).	106
3.2.3 – Troço do rio Vouga	108
3.2.3.1 - Estação V5 (rio Vouga)	108
3.2.3.2 - Estação V7 (rio Vouga)	108
3.2.3.3 - Estação V14 (rio Vouga)	110
3.3 – Tratamento laboratorial e análise das amostras dos diferentes meios amostrais	111
3.3.1 – Amostras de sedimentos de linhas de água e da superfície das pedras, de escombreiras e do solo-substrato	111
3.3.2 – Águas superficiais	114
3.3.2.1 – Componente dissolvida	114
3.3.2.2 – Componente particulada	114
3.3.3 – Plantas e solo-substrato	117
3.3.4 – Diatomáceas epilíticas (Classe <i>Bacillariophyceae</i>)	117
3.3.4.1 – Amostragem e preparação do material biológico	119
3.3.4.2 - Classificação da qualidade da água através de Índices Biológicos	120
Índice Poluossensibilidade Específica (IPS)	122

Índice Biológico Diatómico (IBD)	123
Índice de Diversidade (H')	124

CAPÍTULO 4 – DISPERSÃO DOS ELEMENTOS VESTIGIAIS E SEU IMPACTO **127**

4.1 – Aplicação de Análise Estatística Univariada e Bivariada	130
4.2 – Aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP)	137
4.3 – Cartografia da dispersão e acumulação de elementos vestigiais	143
4.3.1 – Caracterização dos materiais de escombros das minas do Palhal e Coval da Mó	154
4.4 – Cartografia do Índice de Contaminação nos sedimentos de linhas de água	160
4.5 – Definição do grau de toxicidade nos sedimentos de linhas de água	167
4.5.1 – Definição das fases suportes do Fe, Cu, Pb, Zn e Cd por Extracção Química Selectiva Sequencial	172
4.6 – Definição do grau de toxicidade para as plantas na envolvente da mina	175
4.6.1 – Descrição das espécies e caracterização química	178
4.6.1.1 – <i>Rubus ulmifolius</i> Schott	180
4.6.1.2 – <i>Pinus Pinaster</i> Aiton	182
4.6.1.3 – <i>Lithodora prostata</i> (Loisel) Griseb. Subsp. <i>Prostata</i> (erva-das-sete-sangrias)	185
4.6.1.4 – <i>Lonicera periclymenum</i> L. (madressilva)	187
4.6.1.5 – <i>Quercus robur</i> L. (carvalho-roble)	188
4.6.1.6 – <i>Holcus lanatus</i> L. (erva lanar)	191
4.6.2 – Síntese Interpretativa	193

CAPÍTULO 5 – CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS **195**

5.1 – Comportamento dos parâmetros físico-químicos nas águas superficiais	198
5.1.1 – Temperatura	199
5.1.2 – Velocidade de Corrente	200
5.1.3 – pH	201
5.1.4 – Condutividade	203
5.1.5 – Mineralização Total	204
5.1.6 – Oxigénio Dissolvido (O.D.) e Percentagem de saturação de oxigénio (% O ₂)	205
5.1.7 – Carência Química de Oxigénio (CQO)	207
5.1.8 - Cloretos	209
5.1.9 - Amónia (NH ₄ ⁺), nitritos (NO ₂ ⁻) e nitratos (NO ₃ ⁻)	210
5.1.10 – Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	214
5.1.11 – Elementos vestigiais na componente dissolvida	214
5.1.12 – Elementos vestigiais na componente particulada	216
5.2 – Classificação das águas com base em diagramas hidroquímicos	218
5.3 – Síntese Interpretativa	223

CAPÍTULO 6 – QUALIDADE BIOLÓGICA DA ÁGUA ATRAVÉS DO ESTUDO DAS COMUNIDADES DE DIATOMÁCEAS (BACILLARIOPHYCEAE) 225

6.1 – Estudo das comunidades de Diatomáceas - análise qualitativa e semi-quantitativa	229
6.2 – Avaliação pontual e temporal (sazonal) da qualidade biológica do ambiente aquático de cada estação de amostragem	234
6.2.1 – Bacia hidrográfica do rio Caima	234
6.2.1.1 – Estação SF1(Serra da Freita)	234
6.2.1.2 – Estação C18 (São Pedro de Castelões)	235
6.2.1.3 – Estação C23 (Barbeito)	236
6.2.1.4 – Estação C39 (Ossela)	237
6.2.1.5 – Estação C66 (a montante da mina do Palhal)	237
6.2.1.6 – Estação MP (mina do Palhal)	238
6.2.1.7 – Estação C68 (a jusante da mina do Palhal)	238
6.2.1.8 – Estação C74 (fábrica do Caima)	239
6.2.1.9 – Estação MCM (mina do Coval da Mó)	240
6.2.1.10 – Estação C79 (a jusante da mina do Coval da Mó)	241
6.2.1.11 – Estação C85 (foz do rio Fílvida)	242
6.2.1.12 – Estação C93 (a jusante da foz do rio Fílvida)	243
6.2.1.13 – Estação C99 (Valemaior)	244
6.2.1.14 – Síntese interpretativa dos resultados da bacia hidrográfica do rio Caima	245
6.2.2 – Bacia hidrográfica do rio Mau	247
6.2.2.1 – Estação M25 (a jusante da mina da Malhada)	247
6.2.2.2 – Estação M29 (a montante da mina do Braçal)	247
6.2.2.3 – Estação MB (mina do Braçal)	248
6.2.2.4 – Estação M66 (foz do rio Mau)	249
6.2.2.5 – Síntese interpretativa dos resultados da bacia hidrográfica do rio Mau	249
6.2.3 – Troço do rio Vouga	250
6.2.3.1 – Estação V5 (a montante da foz do rio Mau)	250
6.2.3.2 – Estação V7 (a jusante da foz do rio Mau)	251
6.2.3.3 – Estação V14 (a jusante da foz do rio Caima)	251
6.2.3.4 – Síntese interpretativa dos resultados do troço do rio Vouga	252
6.2.4 – Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H')	252
6.3.4.1 – Síntese dos resultados	258
6.2.5 – Qualidade biológica da água – índices biológicos (IBD, IPS)	258
6.2.5.1 – Qualidade biológica da água da bacia hidrográfica do rio Caima	259
6.2.5.2 – Qualidade biológica da água da bacia hidrográfica do rio Mau	262
6.2.5.3 – Síntese dos resultados	263
6.2.6 – Qualidade biológica da água (IBD, IPS) versus qualidade físico-química da água e qualidade	264

química dos sedimentos de linhas de água	
6.2.6.1 – Índices diatômicos (IBD, IPS) versus qualidade físico-química da água	264
6.2.6.2 - Índices diatômicos (IBD, IPS) versus Índice Geoquímico (IC)	265
6.3 – Avaliação e interpretação das ocorrências de formas teratológicas em diatomáceas	271
6.3.1 – Síntese dos resultados	276

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES **279**

Conclusões e Recomendações	281
----------------------------	-----

CAPÍTULO 8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS **291**

Referências Bibliográficas	293
----------------------------	-----

ANEXOS

Anexo I - Parâmetros químicos determinados para os sedimentos de linhas de água e material de escombrelras.

Anexo II - Parâmetros físico-químicos e biológicos determinados para as águas

Anexo III - Grupo de taxa seleccionados de diferentes estações de amostragem e classificados de acordo com o grau de probabilidade de preferência por águas de excelente qualidade a águas extremamente poluída [PRYGIEL & COSTE, 2000]. Todas as estampas apresentam micrografias obtidas por microscópio electrónico (JEOL JSM-6301F Scanning Microscope).

Anexo IV - Parâmetros químicos determinados para plantas e substrato

Anexo V - Abundância relativa (%) de diatomáceas observadas no Verão (V), Outono (O), Inverno (I) e Primavera (P), com indicação da população total, número de taxa e Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind⁻¹).

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2.1(a)	Localização das sub bacias do rio Caima e do rio Mau na bacia hidrográfica do rio Vouga.	14
Figura 2.1(b)	Localização geográfica das bacias hidrográficas do rio Caima (A) e rio Mau (B).	15
Figura 2.2	Paisagem de Arões (Serra da Freita) onde se pode visualizar o contacto por falha entre o granito e o xisto.	17
Figura 2.3	Cartografia da divisão das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau por sub bacias	19
Figura 2.4	Representação gráfica da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o ano de 2001.	24
Figura 2.5	Representação gráfica da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o ano de 2002.	24
Figura 2.6	Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação obtidos para o mês de Julho de 2001 (Período de Verão).	25
Figura 2.7	Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação obtidos para os dias do mês Outubro de 2001 (Período de Outono).	25
Figura 2.8	Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o mês de Janeiro de 2002 (Período de Inverno).	26
Figura 2.9	Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o mês de Maio de 2002 (Período de Primavera).	26
Figura 2.10	Enquadramento geotectónico regional da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (Zona de Ossa Morena/Zona Centro Ibérica, W de Portugal) no Maciço Ibérico [CHAMINÉ et al. 2003a].	27
Figura 2.11	Reprodução da cartografia geológica da bacia hidrográfica do Vouga, segundo GIRÃO (1922).	29
Figura 2.12	Enquadramento geológico regional da área entre a serra da Freita e a bacia sedimentar de Aveiro [adaptado de CHAMINÉ, 2000].	30
Figura 2.13	Esboço geológico das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau [sintetizado a partir de SEVERO GONÇALVES, 1974; PEREIRA et al. 1980; CHAMINÉ, 2000].	32
Figura 2.14	Instalações da actual Indústria RECIFEL e antiga Fábrica de Celulose do Caima.	52
Figura 2.15	Despejo de resíduos líquidos urbanos na localidade de Barbeito (Oliveira de Azeméis) a 10m das margens do rio Caima.	62
Figura 2.16	Localização das ETARs nas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.	64

Capítulo 3

Figura 3.1	Ortofotomapa mostrando as antigas instalações da mina do Palhal nas margens do rio Caima. Fonte: [W ₁₈].	73
Figura 3.2	Mina do Palhal. A) Aspecto da paisagem e pontos de amostragem do material de escombrelas nas proximidades da linha de água do rio Caima. B) Detalhe de uma galeria de drenagem.	73
Figura 3.3	Ortofotomapa da área da Mina do Coval da Mó, com indicação da localização das	74

	escombreiras. Fonte: [W ₁₈]	
Figura 3.4	Mina do Coval da Mó. Aspecto da paisagem e esquema de amostragem do material de escombreira.	74
Figura 3.5	Mapa de localização dos locais de amostragem de sedimentos de linhas de água, águas superficiais e algas nas bacias hidrográficas dos rios Caima (A) e Mau (B).	76
Figura 3.6	Paisagem das escombreiras da mina do Palhal, revelando uma superfície com vegetação escassa. Em foto menor, detalhe das poucas espécies presentes.	79
Figura 3.7	Paisagem das escombreiras da mina do Coval da Mó, revelando uma superfície com vegetação escassa.	79
Figura 3.8	Colheita de amostra epilítica por raspagem em substratos naturais.	83
Figura 3.9	Aspecto do material rochoso amostrado e sua posição no leito do rio.	83
Figura 3.10	Paisagem do local de amostragem da estação SF1 (Serra da Freita).	84
Figura 3.11	Paisagem do local de amostragem da estação C18 (Castelões).	86
Figura 3.12	Paisagem do local de amostragem da estação C23 (Barbeito. Ponte dos Cornados).	87
Figura 3.13	Paisagem do local de amostragem da estação C39 (Ossela).	88
Figura 3.14	Paisagem do local de amostragem da estação C66 (Vila Das Tílias).	89
Figura 3.15	Ortofotomapa com a localização da estação MP e das escombreiras. Fonte: [W ₂₁].	91
Figura 3.16	Paisagem do local de amostragem da estação MP (mina do Palhal).	91
Figura 3.17	Paisagem do local de amostragem da estação C68 (Palhal).	92
Figura 3.18	Ortofotomapa apresentando a localização da estação C74 e das instalações da fábrica de papel. Fonte: [W ₂₁].	94
Figura 3.19	Aspecto da paisagem do local de amostragem da estação C74 – Fábrica de Papel.	94
Figura 3.20	Ortofotomapa apresentando a localização da área da mina do Coval da Mó (estação MCM) e da localização da área de ocupação das escombreiras. Fonte: [W ₂₁].	95
Figura 3.21	Paisagem do local de amostragem da estação MCM (mina do Coval da Mó).	96
Figura 3.22	Ortofotomapa apresentando a localização da estação C79. Fonte: [W ₂₁].	97
Figura 3.23	Paisagem do local de amostragem da estação C79 (Bosturenga).	98
Figura 3.24	Ortofotomapa apresentando a localização das estações C85 e C93 (rio Caima). Fonte: [W ₂₁].	99
Figura 3.25	Aspecto da paisagem do local de amostragem da estação C85 (fz do rio Filvida).	100
Figura 3.26	Paisagem do local de amostragem da estação C93 (Valmaior - ponte antiga).	101
Figura 3.27	Paisagem do local de amostragem da estação C99 (Valmaior).	102
Figura 3.28	Paisagem do local de amostragem da estação M25 (a jusante a mina da Malhada).	103
Figura 3.29	Paisagem do local de amostragem da estação M29 (rio Mau).	104
Figura 3.30	Ortofotomapa da área da mina do Braçal e da estação MB. Fonte: [W ₂₁].	105
Figura 3.31	Paisagem do local de amostragem da estação MB (mina do Braçal).	106
Figura 3.32	Paisagem do troço do rio Vouga. O círculo a branco indica a localização da confluência da foz do rio Mau com o rio Vouga e que se localiza a 50 m a jusante da estação M66.	107
Figura 3.33	Paisagem do local de amostragem da estação V7 (rio Vouga).	109
Figura 3.34	Paisagem do local de amostragem da estação V14 (ponte do caminho de ferro sobre o rio Vouga, Sernada do Vouga).	110

Figura 3.35	Metodologia da preparação físico química e análise das amostras de sedimentos, solos, material de escombrelras e plantas.	113
Figura 3.36	Metodologia da preparação físico química das amostras de água e respectiva análise.	115
Figura 3.37	Metodologia da preparação das amostras de plantas e respectiva análise.	116

Capítulo 4

Figura 4.1	Análise em Componentes Principais: projecção das coordenadas das 27 variáveis nos 2 primeiros planos factoriais.	140
Figura 4.2	Cartografia dos "scores" da componente principal 1 (associação das variáveis Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, e Na).	141
Figura 4.3	Cartografia dos "scores" da componente principal 2 (associação das variáveis Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, e Ag).	142
Figura 4.4	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Ag nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	144
Figura 4.5	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Cd nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	145
Figura 4.6	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Co nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	146
Figura 4.7	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Mn nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	147
Figura 4.8	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Ni nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	148
Figura 4.9	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Pb nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	149
Figura 4.10	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de S nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	150
Figura 4.11	Cartografia da distribuição dos teores "totais" de Zn nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.	151
Figura 4.12	Mina do Palhal. Aspecto da paisagem e localização das amostras do material de escombrelras nas proximidades da linha de água do rio Caima. (a) Detalhe de uma galeria de drenagem.	156
Figura 4.13	Mina do Coval da Mó. Aspecto da paisagem e localização das amostras do material de escombrelras nas proximidades da linha de água do rio Caima. (a) Pormenor de uma das escombrelras.	156
Figura 4.14	Cartografia do Índice de Contaminação (IC) para os sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima (A) e rio Mau (B).	164
Figura 4.15	(a) Representação cartográfica da sub-bacia hidrográfica do rio Fílvida e seus afluentes (Corga do Coval da Mó; Corga do Gavião); (b) Variação do IC nas amostras de sedimentos ao longo do rio Fílvida (maior afluente do rio Caima); (c) Variação do IC nas amostras de sedimentos de linha de água ao longo da Corga do Coval da Mó (afluente do rio Fílvida).	165
Figura 4.16	(a) Variação do Factor de Enriquecimento (FE) do Pb, Zn, Cd, Co, Mn, e Ni nos sedimentos de linha de água do rio Fílvida; (b) Variação do Factor de Enriquecimento (FE) do Pb, Zn, Cd, Co, Mn, e Ni nos sedimentos de linha de água da Corga do Coval da Mó (afluente do rio Fílvida).	167

Figura 4.17	Cartografia dos teores de Pb, Zn, Cd e Mn nos sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga tendo como referência os níveis definidos pelos valores TEC, MEC, PEC para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].	169
Figura 4.18	Cartografia dos teores de Ni e Ag nos sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga tendo como referência os níveis definidos pelos valores TEC, MEC, PEC para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].	170
Figura 4.19	Cartografia da incidência da toxicidade nos sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga tendo como referência o valor de PEC definido para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].	171
Figura 4.20	Resultados experimentais (mg kg^{-1}) da Extração Química Selectiva Sequencial em amostras de escombrelas da mina do Coval da Mó (Local 1 e Local 2) e sedimentos de linha de água da Corga do Coval da Mó (MCM, C79) e do rio Fílvida (C85). FS1 – Acetato de amónio; FS2 – Hidroxilamina; FS3 – Reagente de Tamm na obscuridade; FS4 – Peróxido de hidrogénio; FS5 – Reagente de Tamm sob radiação UV; FS6 – Decomposição triácida.	173
Figura 4.21	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott (foto obtida na mina do Palhal).	180
Figura 4.22	<i>Pinus pinaster</i> Aiton (Pinheiro-bravo). A foto foi obtida na mina do Palhal.	182
Figura 4.23	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i> (erva-das-sete-sangrias). A foto foi obtida na mina do Palhal.	185
Figura 4.24	<i>Lonicera periclymenum</i> L. (madresilva). A foto foi obtida na mina do Palhal.	187
Figura 4.25	<i>Quercus robur</i> L. A foto foi obtida na mina do Palhal.	189
Figura 4.26	<i>Holcus lanatus</i> L. (erva lanar). A foto foi obtida na mina do Palhal.	191

Capítulo 5

Figura 5.1	Variação sazonal das concentrações de NO_2 (mg l^{-1}), ao longo: (a) do rio Caima e rio Fílvida (afluente do rio Caima); (b) do rio Mau e (c) do rio Vouga. (V - Verão; O - Outono; I - Inverno; P - Primavera).	212
Figura 5.2	Representação gráfica da distribuição das concentrações de Pb, Fe e Zn na componente particulada, ao longo da Corga do Coval da Mó (principal afluente do rio Fílvida).	217
Figura 5.3	Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Verão/2001.	219
Figura 5.4	Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Outono/2001.	220
Figura 5.5	Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Inverno/2001-2002.	221
Figura 5.6	Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Primavera/2002.	222

Capítulo 6

Figura 6.1	Varição do Índice de diversidade de Shannon – Wiener ($H' - \text{bitsind}^{-1}$), nos diferentes locais de amostragem da Corga do Coval da Mó (MCM e C79), do rio Filvida (RF) e do rio Caima (RC) ao longo do período de estudo.	256
Figura 6.2	Varição do Índice de diversidade de Shannon – Wiener ($H' - \text{bitsind}^{-1}$), nos diferentes locais de amostragem do rio Mau, ao longo do período de estudo.	256
Figura 6.3	Varição do Índice de diversidade de Shannon – Wiener ($H' - \text{bitsind}^{-1}$), nos diferentes locais de amostragem do troço do rio Vouga, ao longo do período de estudo.	257
Figura 6.4	Cartografia da classificação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Caima e troço do rio Vouga, através dos Índices Biológicos (IBD, IPS) para os anos de 2001 (Verão, Outono) e 2002 (Inverno, Primavera).	260
Figura 6.5	Cartografia da classificação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Mau e troço do rio Vouga, através dos Índices Biológicos (IBD, IPS) para os anos de 2001 (Verão, Outono) e 2002 (Inverno, Primavera).	262
Figura 6.6	Gráfico do IPS versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Caima. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.	267
Figura 6.7	Gráfico do IBD versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Caima. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.	268
Figura 6.8	Gráfico do IPS versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia hidrográfica do rio Mau e troço do rio Vouga. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.	269
Figura 6.9	Gráfico do IBD versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia hidrográfica do rio Mau e troço do rio Vouga. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.	270
Figura 6.10	Microfotografia de diatomáceas com forma teratológica (deformada) e forma normal. <i>Fragilaria capucina</i> Desmazieres var. <i>rumpens</i> (Kützinger) Lange Bertalot; forma normal (a) e forma teratológica (b,c); <i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton; forma normal (d) e forma teratológica (e). Microscópio ZEISS 100x C/OPTV imagem de espécie viva (c); Foto em Microscópio Electrónico de varrimento JEOL JSM6301F, (a, b, d, e). Escala 5µm (a,b), 10µm (c,d) and 12µm (e)	273

Índice de Tabelas

Capítulo 2

Tabela 2.1	Características do rio Caima e seus afluentes. Fonte: [DGRAH, 1981 e [W ₁₆]].	18
Tabela 2.2	Características geométricas, hidrográficas e de relevo da Bacia Hidrográfica do rio Caima.	20
Tabela 2.3	Densidade populacional dos concelhos e das freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.	49
Tabela 2.4	Empresas com sede nos concelhos que se integram nas áreas das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau.	50
Tabela 2.5	Número total de indústrias (N) por concelho e freguesia, que fazem parte das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau e que são geradoras de poluição para o meio hídrico.	53
Tabela 2.6	Principais unidades industriais localizadas na área em estudo que necessitam de pré-tratamento de efluentes	54
Tabela 2.7	População agrícola residente e densidade populacional nos concelhos e freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau.	56
Tabela 2.8	Concentrações (mg kg ⁻¹ relativas ao peso seco) de Pb, Cd, Zn, Mn, Co, Ni e Cr presentes em vários produtos químicos utilizados na agricultura.	59
Tabela 2.9	Densidade populacional dos concelhos e população residente nas freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.	60
Tabela 2.10	Drenagem e tratamento de águas residuais, por concelhos, das bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.	61
Tabela 2.11	Caudais industriais do Aterro Sanitário de Ossela e da Zona Industrial do Rossio.	63
Tabela 2.12	Comparação do grau de eficiência das ETARs em 1997 e 2002.	65

Capítulo 3

Tabela 3.1	Designação dos locais de amostragem de escombreyas.	72
Tabela 3.2	Caracterização das estações de amostragem das águas superficiais e das diatomáceas.	81
Tabela 3.3	Índice Diatómico de DESCY (1979) e respectiva conversão	122

Capítulo 4

Tabela 4.1	Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando a globalidade dos dados da área em estudo (matriz de dados = 414 indivíduos / 27 variáveis)	131
Tabela 4.2	Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando o conjunto de dados da bacia hidrográfica do rio Caima (matriz de dados = 303 indivíduos / 27 variáveis).	132
Tabela 4.3	Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando o conjunto de dados da bacia hidrográfica do rio Mau (matriz de dados = 75 indivíduos / 27 variáveis).	133

Tabela 4.4	Matriz de correlação entre as variáveis químicas consideradas para a área em estudo (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=414)	134
Tabela 4.5	Matriz de correlação entre as variáveis químicas da bacia hidrográfica do rio Caima (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=303)	135
Tabela 4.6	Matriz de correlação entre as variáveis químicas da bacia hidrográfica do rio Mau (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=75)	136
Tabela 4.7	Resultados da ACP para amostras de sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau, após transformação logarítmica dos dados.	138
Tabela 4.8	Teores "totais" de Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Cd, Cu, Fe nas amostras de escombreliras das minas do Palhal e do Coval da Mó, colhidas ao longo de um perfil nos locais seleccionados, e de material de escorrência (os valores são expressos em mg kg ⁻¹).	157
Tabela 4.9	Valores percentuais dos elementos vestigiais nos sulfuretos presentes no material geológico da Mina do Coval da Mó (MARQUES DE SÁ et al., 2005)	158
Tabela 4.10	Dados de fundo geoquímico de metais pesados (mg kg ⁻¹) em sedimentos de linha de água segundo a classificação da Zona Geostrutural e da Litologia de Portugal, a crosta terrestre e a região em estudo.	162
Tabela 4.11	Valores guia para os elementos Pb, Zn, Cd, Mn, Ni e Ag (TEC, MEC e PEC) e níveis associados para a avaliação da qualidade do sedimento (adaptado de Consensus - Based Sediment Quality Guidelines; Recommendations for Use & Application, developed by the CONTAMINATED SEDIMENT STANDING TEAM, 2003).	168
Tabela 4.12	Resultados experimentais (mg kg ⁻¹) das diferentes etapas de extracção química selectiva sequencial nas amostras de escombreliras e de sedimentos de linhas de água (L1 – Local 1; L2 – Local 2).	172
Tabela 4.13	Quantidades acumulativas ou concentrações máximas permitidas no solo em diversos países para alguns metais pesados.	176
Tabela 4.14	Fontes de metais pesados no solo.	177
Tabela 4.15	Toxicidade para as plantas dos elementos químicos mais importantes [adaptado de KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984; NAVARRO FLORES et al., 1998].	179
Tabela 4.16	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Rubus ulmifolius</i> Schott e respectivo substrato. Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	180
Tabela 4.17	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Pinus pinaster</i> Aiton (Pinheiro-bravo). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	183
Tabela 4.18	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i> (erva-das-sete-sangrias). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	186
Tabela 4.19	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Lonicera periclymenum</i> L. (madresilva). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	188
Tabela 4.20	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Quercus robur</i> L. (carvalho roble). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	190
Tabela 4.21	Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie <i>Holcus lanatus</i> L. (erva lanar). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg ⁻¹).	191

Capítulo 5

Tabela 5.1	Correlação entre valores de condutividade a 20°C e a mineralização total.	204
Tabela 5.2	Concentração de CQO total e solúvel no rio Caima.	208

Capítulo 6

Tabela 6.1	Dados de concentração total de Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Cd, S e Fe em sedimentos de linha de água, em 20 estações de amostragem na área em estudo.	229
Tabela 6.2	Géneros observados, número de taxa em cada género e percentagem (%) de ocorrência das diatomáceas nas 20 estações de amostragem dos rios Caima, Mau e troço do rio Vouga.	230
Tabela 6.3	Número de taxa (NT) e do Índice de diversidade de Shannon Wiener ($H' - \text{bitsind}^{-1}$), obtido para cada estação de amostragem das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau e troço do rio Vouga, ao longo do estudo (V - Verão; O - Outono; I - Inverno; P - Primavera).	253



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Pelo mundo fora, rápidas e profundas mudanças estão ocorrendo em sistemas sociais, institucionais e económicos. Em muitos países existem tendências à descentralização das responsabilidades ambientais de autoridades nacionais para autoridades sub-nacionais, um aumento do papel de corporações multinacionais na administração ambiental e desenvolvimento de políticas, e um movimento em direcção à política e prática gerências ambientais integradas. Existe um maior reconhecimento e persistência popular de que o bem-estar de uma nação e de seus indivíduos não se fundamentam exclusivamente em capital económico mas também em capital social natural. Com estas várias mudanças, muitas tendências ambientais globais fundamentais estão emergindo de diversos relatos regionais de preocupações ambientais prioritárias globais e regionais, actuais e futuras que revelam. O uso dos recursos naturais que está além de sua capacidade natural de regeneração, é desta forma insustentável; os gases do efeito de estufa continuam a ser emitidos a níveis acima do objectivo de estabilização acordado internacionalmente; as áreas naturais e a biodiversidade que contêm estão diminuindo devido à expansão de áreas agrícolas; o crescente e difundido uso de substâncias químicas para mover o desenvolvimento económico está causando grandes riscos à saúde humana, contaminação do meio ambiente e problemas com sua disposição final; a urbanização rápida e não planejada, particularmente em zonas costeiras, está colocando os ecossistemas adjacentes em grande perigo; as complexas e geralmente pouco entendidas relações entre os ciclos hidrológicos e perda de biodiversidade, biomassa e bioprodutividade [UNEP, 1997 em IBAMA, 2000].

A actividade humana nas suas múltiplas formas afecta toda a biosfera, alterando o equilíbrio existente nos diferentes geosistemas tais como os sedimentos de linha de água, solo-substrato, água, plantas e diatomáceas.

A preocupação com a actual condição do meio ambiente, face à crescente pressão exercida pelos processos industriais (antropogénicos) e a aplicação de novas tecnologias com o objectivo de promover o desenvolvimento e o aumento da produtividade para suprir as necessidades da população mundial, traz como contrapartida, problemas sérios de contaminação/poluição a todo o meio ambiente e ao Homem. Algumas das fontes de poluição têm assumido uma importância relevante nos dias de hoje, designadamente: (a) os esgotos sanitários; (b) as águas industriais; (c) os resíduos sólidos; (d) as águas de drenagem urbana; (e) as fontes acidentais ou derrames; (f) as fontes atmosféricas [TUCCI, 2002] e no caso específico do presente trabalho, com maior ênfase as "*antigas áreas mineiras abandonadas*" [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a, b].

As áreas afectadas pela actividade mineira, quer durante a fase extractiva, quer na fase inactiva ou de abandono, são locais sensíveis em termos ambientais na medida em que podem sofrer impacto químico, físico, paisagístico podendo, o solo, a água e os ecossistemas que aí se desenvolvem serem particularmente afectados [FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; THORNTON, 1983;

DAVIES, 1990; SALOMONS, 1995a; SANTOS OLIVEIRA et al., 1999). Este problema tem causado muita preocupação aos organismos estatais e particulares, levando à procura de medidas mitigadoras destes impactos negativos. Estudos desenvolvidos neste contexto, têm revelado a existência de sérios problemas no meio ambiente que colocam em risco a fauna e a flora [SERRANO & CARDOSO FONSECA, 1989; AZCUE et al., 1995; CARDOSO FONSECA et al., 1996; ÁVILA, 1999] como assim a saúde humana (MAYAN et al., 2001; PAOLIELLO, 2002, 2003). Em Portugal são conhecidas algumas situações potencialmente nefastas para a saúde pública, afirmação que é comprovada com alguns exemplos recentemente publicados [ÁVILA, 1999, 2003; SANTOS OLIVEIRA et al., 1996, 1997, 1999, 2000, 2002; COSTA & LEITE, 2000; MORENO, 2000; PATINHA, 2002].

A água é um bem que deve ser utilizado pelo Homem para a sua sobrevivência e melhoria das suas condições económicas, sociais e comunitárias. Além disso, a água é também um meio onde habitam organismos que necessitam de condições ambientais adequadas para a sobrevivência. Durante centenas de anos, apenas a visão, sabor e olfacto eram determinantes na avaliação da qualidade da água. Com a evolução e introdução de novas técnicas de detecção foram estabelecidos padrões de qualidade para a água, isto é, a máxima concentração de elementos ou compostos que poderiam estar presentes na água, de modo a ser compatível com a sua utilização para determinados fins (abastecimento público e industrial, preservação da vida aquática, irrigação, recreação, agricultura, navegação e paisagismo) [TUCCI, 2002].

A água desempenha nos processos geoquímicos uma função múltipla, como seja a de: (a) reagente (no ataque protónico e nas reacções de hidratação, de hidrólise e de protólise), (b) de produtos da reacção (na condensação que conduz à formação de vários polímeros), (c) de solvente (na produção de iões ou de moléculas solvatadas), (d) de agentes de fenómenos de oxidação - redução (na variação do número de oxidação de alguns elementos ou dos seus iões), (e) de fase dispersante (na formação de sistemas coloidais e na dissolução de sais) e (f) de factores dinâmicos (na translocação ou evacuação de produtos vários) [CARDOSO FRANCO, 1989].

Em Portugal existem dois tipos de classificação de águas doces, a primeira desenvolvida pelo Instituto Nacional da Água e que estabelece cinco classes de qualidade, de acordo com as suas características de qualidade para usos múltiplos, a segunda estabelecida pelo Decreto Lei nº 236/98, que revoga o Decreto Lei nº 74/90 de 7 de Março, Diário da República em 1998, em que a classificação está condicionada a valores máximos recomendados e valores máximos admissíveis, definidos para o consumo humano, piscicultura, lazer e rega.

Em relação à qualidade da água distribuída para consumo humano, após a entrada em vigor do Decreto-Lei nº 236/98 de 1 de Agosto, verificou-se uma sensível melhoria na qualidade da água no território nacional, a partir do ano 2000, apesar de ainda se verificar que cerca de 202000 habitantes, representando 2.1% da população servida, foram abastecidos com água apresentando contaminação microbiológica, ou que cerca de 33000 habitantes, o que representa 0.4% da população total abastecida com água contaminada por nitratos [DGA, 2001].

Mais recentemente foi criada a Directiva Quadro da Água [Directiva Quadro da Água 2000/60/CE] que contempla a utilização de parâmetros morfoclimáticos, físico-químicos e biológicos (comunidades de peixes, plantas dos corredores ripícolas, macroinvertebrados e algas) no sentido de determinar o estado ecológico das formações aquáticas relativas a situações de referência pré-estabelecidas.

Por outro lado, a União Europeia criou as Directivas Comunitárias n.º 98/15/CEE e 91/676/CEE, que dizem respeito à protecção das águas contra a poluição causada por nitratos de origem agrícola.

A determinação da qualidade da água, baseada em parâmetros físico-químicos, bastante importante para a caracterização do meio aquático, é contudo incompleta porque é pontual no espaço e no tempo. Os métodos biológicos com vista a complementar os métodos físico-químicos são capazes de revelar situações de poluição contínua e intermitente e de integrar as variações ambientais. O estudo das comunidades das algas é um importante elemento na avaliação do estado ecológico das massas de água, já que estes organismos apresentam diversos graus de sensibilidade à poluição, sobretudo, à eutrofização mas também à poluição orgânica e metálica [McCORMICK & CAIRNS, 1994]. As diatomáceas (*Bacillariophyceae*) são utilizadas frequentemente como indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água [DESCY, 1973, 1979, 1984; COSTE, 1978; LANGE-BERTALOT, 1979; ELORANTA, 1995; ALMEIDA, 1998; SALA et al, 2002]. Os índices biológicos (Índice de Poluossensibilidade Específica – IPS e Índice Biológico Diatómico - IBD) utilizados em estudos de avaliação da qualidade das águas, estão largamente difundidos na Europa [PRYGIEL & COSTE, 2000]. Em Portugal, estudos das comunidades das algas em águas doces tiveram um incremento desde o início do século XX [ZIMMERMAN, 1906; CARVALHO, 1913; GUERRERO, 1949; SAMPAIO, 1950; RINO, 1967a, b; SANTOS, 1970; GIL, 1988; CALADO, 1990]. No entanto, a aplicação destes organismos na avaliação da qualidade da água é mais recente [RODRIGUES & MOITA, 1979; RINO & GIL, 1987; CALDAS, 1988; FERREIRA, 1991; CERQUEIRA DA SILVA, 1994; ALMEIDA,

1998, 2000, 2001]. Estes índices são baseados na correlação entre a concentração de nutrientes, a contaminação orgânica e a ocorrência de taxa de diatomáceas [LANGE-BERTALOT, 1979; STEVENSON & PAN, 1999].

No que diz respeito à saúde humana e qualidade do ambiente importa avaliar os efeitos ecotoxicológicos e consequentemente desenvolver formas de mitigação para uma melhor qualidade de vida.

Actualmente com a economia mundial em franco desenvolvimento, devido à industrialização dos países no mundo inteiro, o Homem encontra-se exposto à poluição ambiental dos diferentes geosistemas (ar, água, solo, alimentos etc...) sem que hajam medidas mais drásticas para uma maior protecção.

Recentemente, tem sido noticiado na imprensa escrita e falada casos de contaminação com metais pesados, principalmente por chumbo e mercúrio, de adultos, crianças e residências. Contudo, a maioria da população não tem informações sobre os riscos e as consequências da contaminação por esses metais para a saúde humana [W₁₇]. Estudos recentes em indivíduos de uma comunidade residente nas proximidades de áreas de exploração mineira (Pb, Cd), revelaram valores de chumbo total no sangue (0.5 – 37.8 µg/dl), acima do limite do factor de risco para a saúde (10 µg/dl – Center for Disease Control – CDC) [CUNHA et. al., 2001; PAOLIELLO et. al., 2002, 2003].

Vários trabalhos de investigação a nível mundial sobre a temática do impacto ambiental têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos designadamente: sobre a contaminação provocada por efluentes urbanos e industriais, [FERREIRA DA SILVA, 1995; NEUMANN & LEIPE, 1998; SILVA & VALENTE, 1988; IVORRA et al., 2002], pela actividade agrícola [JORGENSEN, 1990] e por antigas áreas mineiras abandonadas [THORNTON, 1983; FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; SALOMONS, 1995a; FAVAS, 1999; SANTOS OLIVEIRA et al., 2000; MORENO, 2000; BORG & HEDLUND, 2001; NUNES et al., 2003; PATINHA, 2002; NATARAJAN et al., 2006].

Para se identificar e caracterizar os impactos das diferentes fontes de poluição têm sido utilizados ao longo de várias décadas, como fonte de investigação, vários compartimentos ambientais, entre estes, os solos [FERREIRA DA SILVA, 1995; KELLY & THORNTON, 1996; JUNG & THORNTON, 1996; RIBEIRO-FILHO et al., 1999; MIKANOVA, 2006] os sedimentos de linha de água [CALMANO & FÖRSTNER, 1983; CARDOSO FONSECA, 1981; FERREIRA DA SILVA et al., 1997; MORENO, 2000; BORG & HEDLUND, 2001; PATINHA, 2002; NUNES et al., 2003, 2005; ACERO et al., 2003], as águas

superficiais e subterrâneas [SERRANO PINTO, 2001], as plantas superiores [CARDOSO FONSECA & SERRANO, 1989; DINELLI & LOMBINI, 1996; PRATAS, 1996; ORDÓÑEZ et al., 1999; MARSEILLE et al., 2000; NKOANE et al., 2005; PRATAS et al., 2005], os invertebrados [JESUS et al., 1999], as microalgas [BENNETTE 1969; LOW, 1974; CALADO, 1990; CRAVEIRO & SANTOS, 1997; DESCY & ECTOR, 1997; REAVIE & SMOL, 1998; STOERMER & SMOL, 1999; PAN et al., 1996; MUCHA et al., 1999; ALMEIDA, 1998; PEREIRA, 1999; GOMÁ et al., 2000; GOLD, 2002; NUNES et al., 2002; LEONOVA, 2004; CASTRO, 2004; ÁVILA et al., 2005; GÉLABERT et al., 2006], entre outros.

Na última década verifica-se uma retoma dos ensaios metodológicos conducentes ao estudo dos mecanismos de dispersão explicativos da mobilidade dos elementos em meio ambiental superficial. Esses ensaios têm sido realizados essencialmente em países caracterizados por condições climáticas diferentes das existentes em Portugal, nomeadamente no Canadá, Estados Unidos da América, Suécia, Noruega e Finlândia.

Os sedimentos de linhas de água têm sido um dos principais compartimentos ambientais mais usado como meio de amostragem na cartografia geoquímica [PLANT et al., 1988] sendo largamente conhecido o comportamento de uma grande parte dos elementos neste meio amostral [PLANT & HALE, 1994]. Os mapas geoquímicos produzidos com base neste meio amostral mostram constituir uma boa referência para cartografia geológica, prospecção mineira, estudos metalogénicos, agricultura, estudos relativos à florestação, planeamento do uso da terra e ciências ambientais em geral [DARNLEY & GARRETT, 1990]. No que diz respeito à geoquímica ambiental, na vertente dos estudos de impacto químico ambiental, os sedimentos de linha de água são bons indicadores das fontes poluidoras naturais e antropogénicas [FERREIRA DA SILVA, 1995; NASCIMENTO, 2003] e um dos melhores meios concentradores de metais no ambiente aquático [FÖRSTNER, 1979; NASCIMENTO, 2003]. Este meio amostral apresenta algumas vantagens em relação à água, devido ao facto das concentrações dos metais pesados associados aos sedimentos apresentarem uma ordem de grandeza significativamente superior e uma menor variação temporal das concentrações.

No âmbito da Unidade de Investigação “Evolução Litosférica e do Meio Ambiental de Superfície”, sediada no Departamento de Geociências da Universidade de Aveiro, têm vindo a realizar-se estudos sobre os mecanismos de dispersão de elementos constitutivos de mineralizações de W-Sn existentes na Província Metalogénica e Tungsténica Ibérica e das mineralizações de Zn e Pb ligadas ao grande “filão metalífero das Beiras”, visando determinar o impacto que antigas minas abandonadas exercem sobre o meio ambiental. Por outro lado tem-se

vindo a efectuar também estudos ecológicos, sobretudo nestas regiões, utilizando as algas como bioindicadores de poluição.

É objectivo desta tese de doutoramento efectuar a caracterização geoquímica dos diferentes compartimentos ambientais (sedimentos de linhas de água, solo, flora - plantas superiores e algas -, e água superficial) e investigar os mecanismos de dispersão de elementos vestigiais de origem antrópica e consequente impacto ambiental. As acções desenvolvidas neste estudo centraram-se nas sub-bacias dos rios Caima e Mau, parte integrante da bacia hidrográfica do rio Vouga, com particular incidência nas zonas de antigas minas abandonadas e de actividade industrial. A sub-bacia do rio Caima é caracterizada pela presença de uma forte poluição mineira, industrial e agrícola (rio Caima) enquanto que a sub-bacia do rio Mau é dominada essencialmente por poluição mineira.

Neste estudo investigou-se o comportamento de um conjunto de elementos (Cu, Pb, Zn, Cd, Ni, Co, Cr e As) prejudiciais para os ecossistemas e para o Homem. Deu-se particular atenção a alguns ecossistemas que ocorrem na vizinhança das minas abandonadas e zonas industriais. A metodologia de investigação apoiou-se nas seguintes “ferramentas” de trabalho:

- Caracterização das sub-bacias do rio Caima e Mau: procedeu-se à recolha de documentação (geológica, mineira, ambiental, hidrológica,...) que serviu de base à elaboração de uma carta composta das duas bacias.
- Caracterização de sedimentos de linhas de água e escombreyras: neste item efectuou-se, utilizando sedimentos de linhas de água, uma radiografia das sub-bacias hidrográficas do rio Caima e Mau com a finalidade de delimitar áreas-problema. Após a delimitação das diferentes áreas foram estudados outros meios amostrais, designadamente material de escombreyras, solos e plantas com o objectivo de estudar os diferentes mecanismos de dispersão.
- Estudos mineralógicos (material de escombreyras e sedimentos de linhas de água): estes estudos foram efectuados, em meios amostrais diversificados, no sentido de encontrar um suporte para a explicação da repartição dos elementos vestigiais pelas diferentes fases minerais nos sedimentos e solos. Foram também realizados estudos deste tipo nos materiais das escombreyras com a finalidade de encontrar uma explicação para os teores encontrados nas águas de superfície.
- Extracção Química Selectiva Sequencial (determinação das fases-suporte dos metais e escombreyras e fases-suporte e mecanismo de dispersão nas amostras de sedimentos): a

determinação das fases-suporte e o estudo dos mecanismos de dispersão de alguns metais, com ênfase para os de incidência poluitiva, foi realizada em amostras de sedimentos de linhas de água e de escombeiras.

- Caracterização de águas superficiais: neste item estudou-se a sua variação sazonal tendo-se dado ênfase ao estudo das fácies hidroquímicas e à caracterização da componente poluitiva.
- Estudo das comunidades das diatomáceas e análise das alterações morfológicas nas mesmas: neste item foi efectuado o estudo da comunidade algológica, particularmente das diatomáceas, em simultâneo com a colheita sazonal de águas durante um ano tendo sido preferencialmente amostradas as comunidades epilíticas de diatomáceas. Foi ainda efectuada a avaliação biológica da qualidade das águas mediante a aplicação de índices bióticos recentes.

Toda a informação recolhida neste trabalho foi objecto de tratamento estatístico que incluiu: (a) a aplicação de técnicas uni e multivariadas, e (b) elaboração de cartas geoquímicas a partir da aplicação de técnicas de representação gráfica e cartografia automática.



CAPÍTULO 2

ENQUADRAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

2.1 – Enquadramento geográfico

A área do presente estudo, que integra as bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau, insere-se na região Centro-Norte de Portugal Continental, província da Beira Litoral [GIRÃO, 1922; RIBEIRO et al., 1987], distrito de Aveiro, entre os paralelos 4503000 e 4527000 N e os meridianos 545000 e 553000 E (coordenadas UTM).

As bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau estão incluídas no complexo de sub-bacias do rio Vouga, que por sua vez desagua na laguna de Aveiro (comummente designada na literatura por “ria de Aveiro”), como se pode observar na figura 2.1a. Estas bacias ocupam uma superfície total de 226.7km², e são limitadas a norte pelas sub-bacias do rio Arada e Inha (afluentes do rio Douro), a oeste pela bacia do rio Antuã e a leste e a sul por uma série de linhas de água dos rios Teixeira, Arões e Marnel, que vão desaguar directamente no rio Vouga. As bacias dos rios Caima e Mau (Figura 2.1.b) possuem uma área total de 196.4km² e 30.3km², respectivamente, e encontram-se cartografadas à escala 1:25000 nas folhas pertencentes ao distrito de Aveiro (“Carta Militar de Portugal”), estendendo-se ainda pelos concelhos de Arouca, Vale de Cambra, Oliveira de Azeméis, Sever do Vouga e Albergaria-a-Velha.

As maiores elevações do relevo ocorrem na bacia do rio Caima, com aproximadamente 1100m de altitude, na Serra da Freita, que limita as bacias dos rios Douro e Vouga cujos principais afluentes da região, além deste, são os rios Paiva e Arada. A NE da bacia do rio Mau, ocorrem altitudes até 850m assinaladas pelo marco geodésico de Salgueiros.

A área compreendida entre o Sul de Oliveira de Azeméis e a cidade de Aveiro abrange uma extensa área relativamente aplanada composta por aluviões actuais e areias de duna, sendo incluída na Bacia Sedimentar de Aveiro [ROCHA, 1993]. Estes depósitos de cobertura entre Ovar e Aveiro constituem o delta de Aveiro (conhecido vulgarmente por 'Ria de Aveiro', cf. GIRÃO, 1922). Inúmeros canais, ilhas e cordões de areia dão origem a uma intrincada rede localizada entre estas duas cidades. Os principais acessos compreendem as estradas A1 e IC1, que passam a Este das áreas das bacias hidrográficas e a A25 que passa na extremidade Sul, sobre o rio Caima e próximo da sua foz (Figura 2.1b).

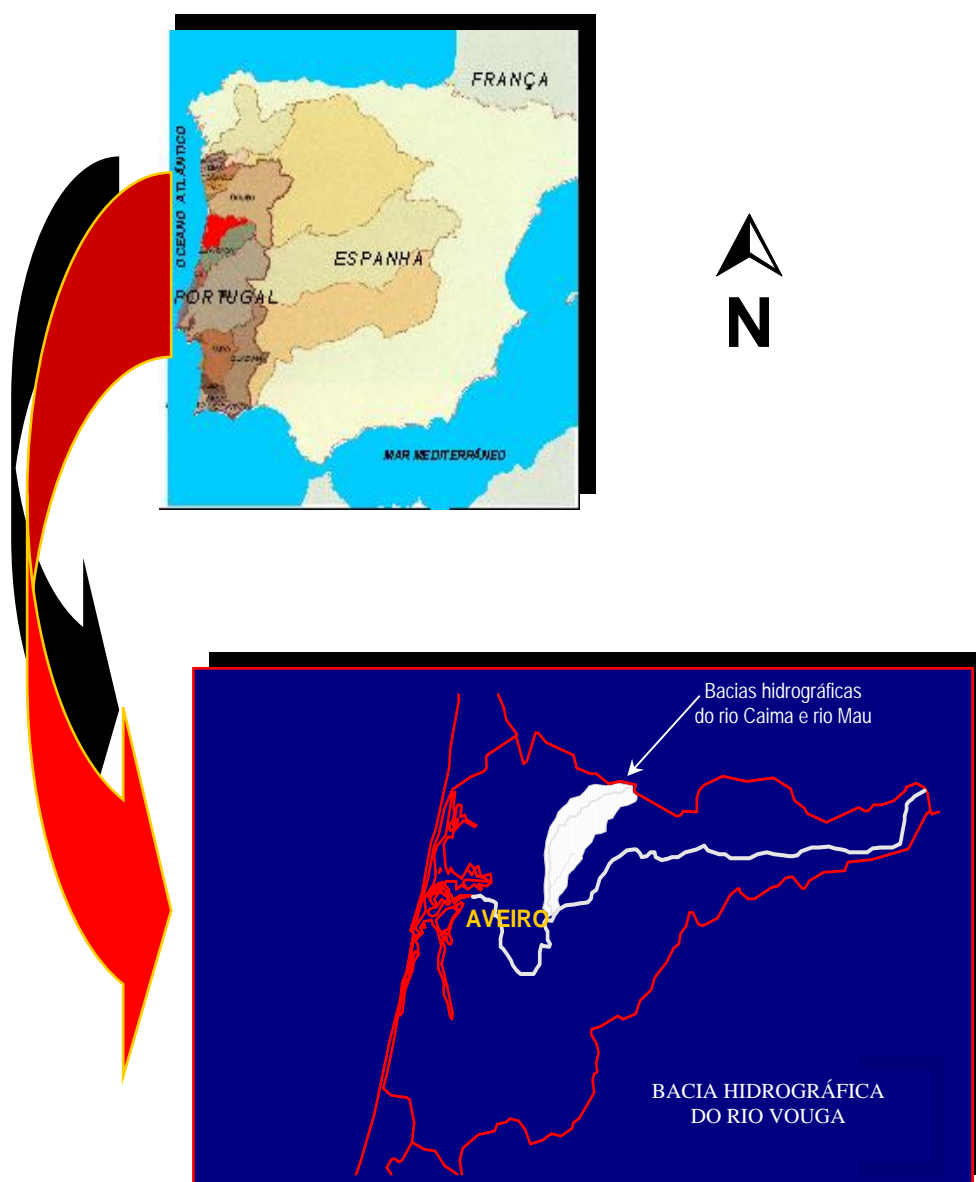


Figura 2.1(a)

Localização das sub-bacias do rio Caima e do rio Mau na bacia hidrográfica do rio Vouga.

2.2 – Topografia e Geomorfologia

A compartimentação morfológica inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características morfológicas, que apresentam uma importância directa no processo de ocupação. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, permitindo efectuar recomendações quanto à forma racional de ocupação [CASSETI, 1994].

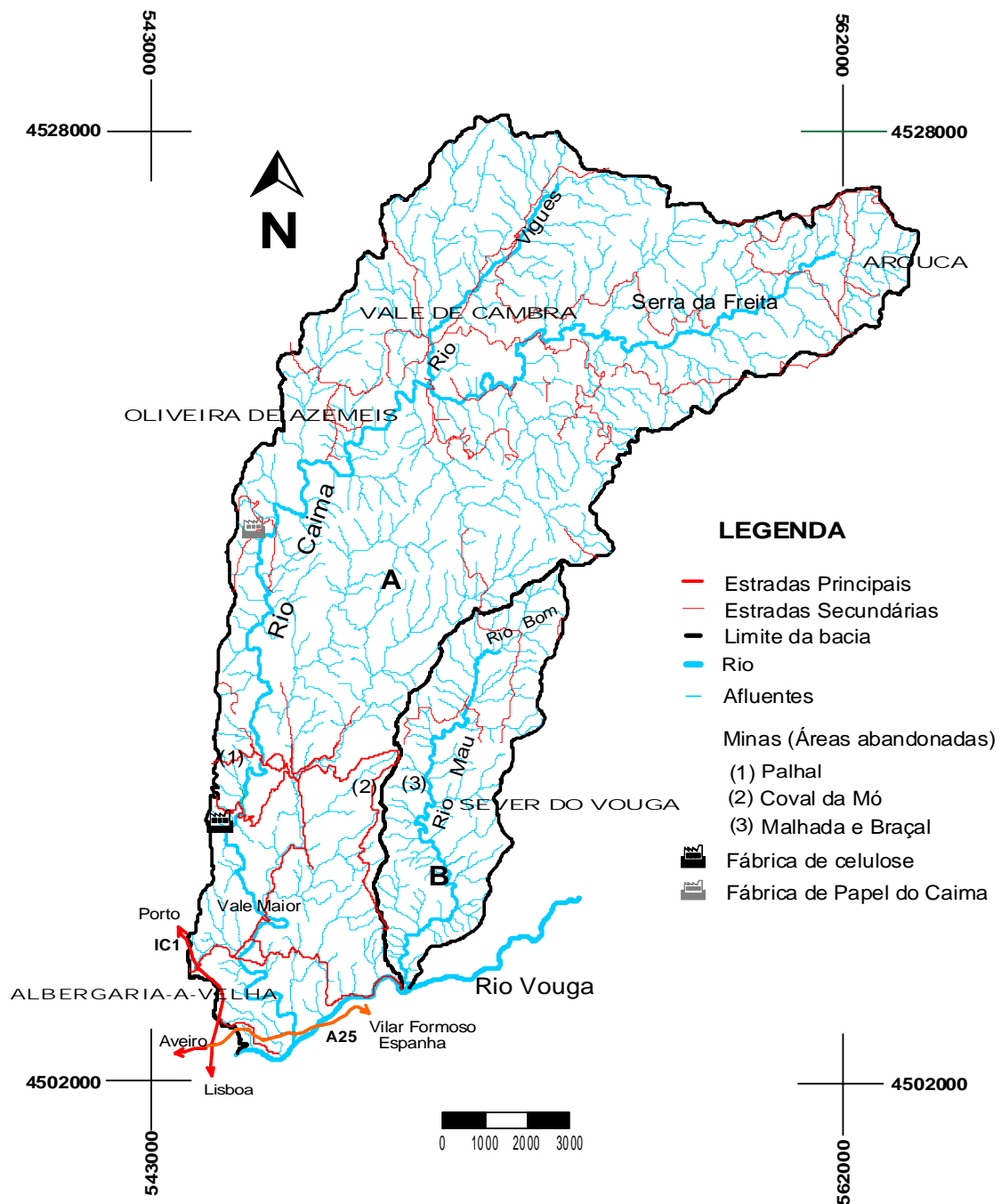


Figura 2.1(b)

Localização geográfica das bacias hidrográficas do rio Caima (A) e rio Mau (B).

A região compreendida entre Espinho – Albergaria-a-Velha – Águeda caracteriza-se, genericamente, por apresentar um relevo aplanado, de posição marginal em relação à plataforma litoral, que transita para um relevo acentuado de rebordo interior de plataforma.

A norte do rio Vouga a plataforma litoral não ultrapassa geralmente a altitude de 170m e o contacto com os relevos interiores da plataforma é muito sinuoso e recortado [GIRÃO, 1922; BRUM FERREIRA, 1978; ARAÚJO et al., 2003]. A oriente deste rebordo encontra-se o denominado “maciço da Gralheira”, ou seja, um conjunto complexo de elevações situado entre-os-rios Douro – Paiva e Vouga-Sul, com cotas que variam entre os 750m e os 1100m [RIBEIRO et al., 1943; RIBEIRO 1949; BRUM FERREIRA, 1978].

A organização da rede de drenagem reflecte a tectónica da área, especialmente, dos sistemas de fracturação regional (i.e., NW-SE a NNW-SSE e NE-SW a NNE-SSW), impondo os traços morfoestruturais à região [BRUM FERREIRA, 1978; ARAÚJO et al., 2003; CHAMINÉ et al., 2004a,b]. Assim, estas estruturas maiores produzem uma compartimentação tectónica que, por sua vez, condiciona a distribuição das linhas de água, podendo observar-se redes hidrográficas, em geral, do tipo rectangular e/ou dendrítico.

O rio Vouga, o principal curso de água, apresenta uma direcção preferencial NE-SW. A maioria das linhas de água de segunda ordem instalou-se segundo a orientação geral NE-SW, denunciando a presença de controlo tectónico. A nascente coincide, *grosso modo*, com o limite entre a plataforma litoral e o rebordo interior da plataforma (i.e., o relevo marginal de acordo com [ARAÚJO et al., 2003]). Estas linhas de água desaguam em pleno Oceano Atlântico e correm em vales, no geral, pouco acentuados ou ligeiramente encaixados nas zonas de relevo. Além do controlo estrutural NE-SW, a rede hidrográfica põe em evidência outros acidentes importantes, de direcção aproximada N-S, que correspondem a típicos vales de fractura, por vezes profundamente encaixados, como é o caso dos rios Caima e Antuã [SEVERO GONÇALVES, 1974; GOMES & BARRA, 2001; CHAMINÉ et al., 2004a,b].

A zona de trabalho localiza-se nas sub-bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau, parte integrante da bacia hidrográfica do rio Vouga. Devido ao facto das bacias hidrográficas apresentarem características diferentes, as bacias do rio Caima e Mau serão aqui descritas separadamente.

2.2.1 – Bacia Hidrográfica do rio Caima

A bacia hidrográfica do Caima está integrada num conjunto hidrográfico muito vasto. As suas águas são lançadas no rio Vouga, que por sua vez desaguam na Ria de Aveiro.

A bacia hidrográfica do rio Caima, com uma área de aproximadamente 196.4km², apresenta genericamente uma forma alongada. A organização das linhas de água que drenam a área da bacia é condicionada, fundamentalmente, quer pelas fracturas existentes, quer pelas direcções da xistosidade.



Figura 2.2

Paisagem de Arões (Serra da Freita) onde se pode visualizar o contacto por falha entre o granito e o xisto.

O rio Caima tem a sua origem no Concelho de Arouca, em Albergaria das Cabras, na Serra da Freita (Figura 2.2). A nascente do rio Caima, a Frecha da Mizarela, ocorre na superfície de contacto entre xistos e granitos, com uma queda de água com cerca de 70m de altura, lançando-se bruscamente de uma cota de 900m para uma cota inferior. A partir desta queda livre de água, uma das mais altas da Europa, o rio corre apertado entre duas vertentes, até Roge, onde foi construída a barragem Engenheiro Duarte Pacheco destinada à irrigação do baixo vale [MARQUES, 1993]. O rio Caima tem um leito com declive extremamente acentuado (60% em média) até à altitude de 650m atravessando o concelho de Vale de Cambra, onde tem os seus afluentes: rio Viques, ribeira de Vila Chã, ribeira de Fuste, ribeira de Passo de Mato, ribeira de Moscoso e ribeira de Cabra.

No seguimento da sua trajectória, já com parte do seu tramo no concelho de Oliveira de Azeméis, atravessa as freguesias de Ossela e Palmaz, sensivelmente com uma orientação NE-SE, aproveitando as múltiplas falhas existentes, encaixando-se numa superfície entre 300 e 500m de altitude. É de referir a ribeira de Felgueira e a ribeira da Filvida, importantes afluentes, ambas na freguesia de Palmaz, onde esta última limita a SE os concelhos de Oliveira de Azeméis e Sever do Vouga.

Tabela 2.1

Características do rio Caima e seus afluentes Fonte: [DGRAH, 1981 e [W16]].

Curso de Água	Tipo	Classificação Decimal	A	P(a)	Zona de Influência
Descrição			km ²	km	
Rio Caima	Pe	719 10	196.4	38.4	ZU; ZA; ZI; ZAM
Ribeira de Vermoim	Int	719 10 02	6.3	5.0	
Rio Vigues	Pe	719 10 04	32.2	8.8	
Ribeira de Vila Chã	Pe	719 10 04 02	16.5	6.0	
Ribeira de Armental	Int	719 10 04 02 02	3.5	3.0	
Ribeira do Fuste	Int	719 10 06	6.8	4.9	
Ribeira de Paço de Mato ou Caimó	Int	719 10 08	4.3	6.0	
Ribeira de Mouquim	Pe	719 10 01	4.8	4.8	
Rio Filvida ou Ribeira de Dornelas	Pe	719 10 03	27.6	15.0	ZU; ZA; ZAM
Ribeira da Corga do Gavião	Int	719 10 03 01	5.6	4.0	
Ribeira de Telhadela ou da Filgueira	Pe	719 10 05	13.3	9.0	
Ribeira de Moscoso (Cambalhão ou Chã)	Int	719 10 07	10.4	8.3	
Ribeira da Cabra ou de Cabrita	Int	719 10 09	8.9	4.9	
Ribeira da Velha	Int	719 10 09 01	4.0	2.5	

ZI = Zona Industrial (Metalúrgica; Exploração mineral não metálica; Química, Têxteis e couro; Alimentação, bebida e tabaco; Calçado; Madeira); ZA = Zona Agrícola; ZU = Zona Urbana; ZMA = Zona com áreas mineiras abandonadas; P = Perímetro; A = Área; Pe = Perene; Int = Intermitente; (a) – valores aproximados.

Ao entrar no território do concelho de Albergaria-a-Velha, o seu tramo tem uma extensão de cerca de 16km. Este curso de água mergulha vigorosamente no relevo, onde no seu trajecto N-S, percorre duas freguesias, a de Ribeira de Fráguas e de Valmaior, mostrando uma certa rigidez no traçado com inflexões bruscas e repetidas de direcção mantendo um curso sinuoso até próximo da sua foz, já no concelho de Águeda.

No tramo final do rio Caima, desagua o rio Filvida, que como todos os seus afluentes principais se situa na sua margem esquerda.

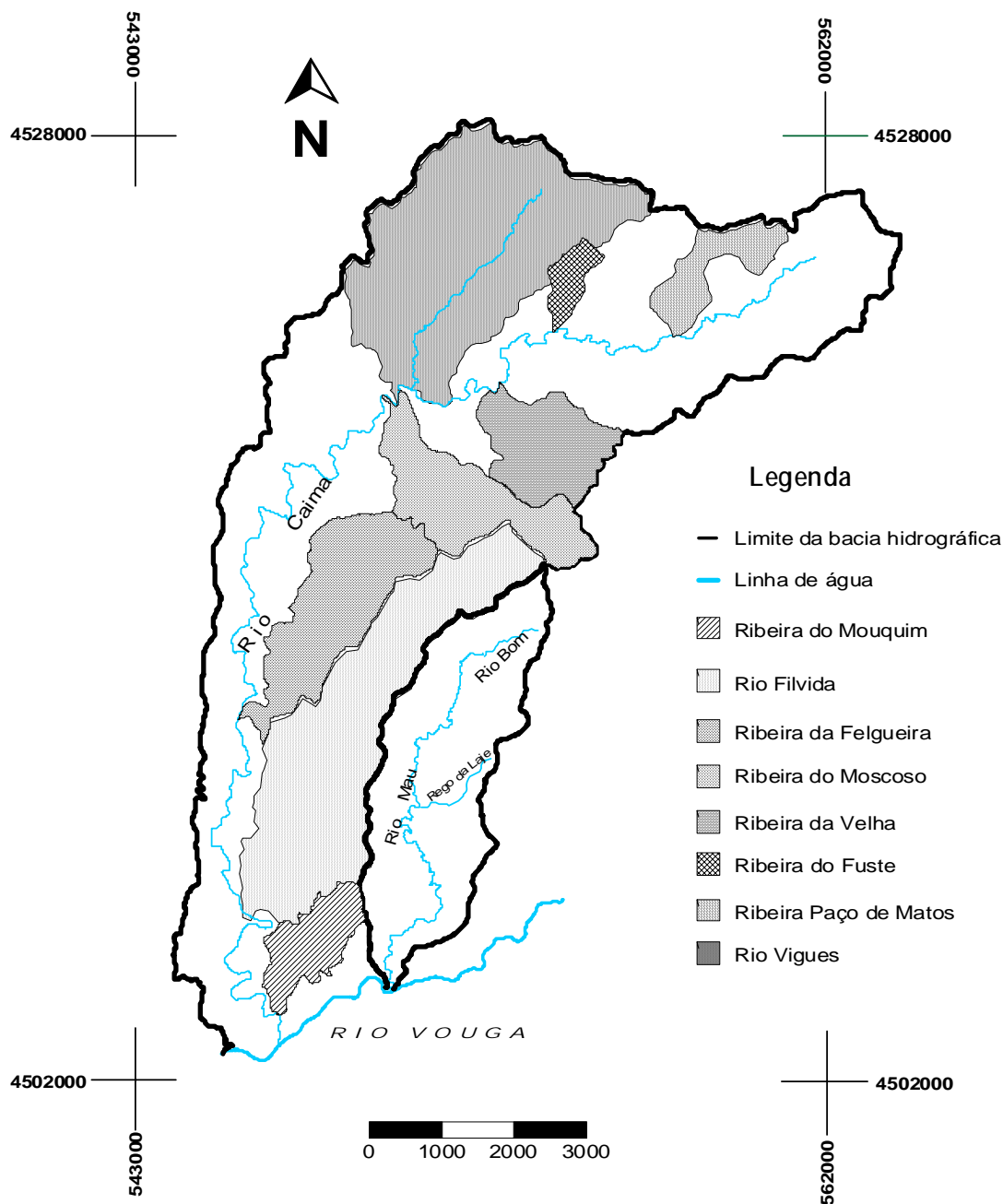


Figura 2.3

Cartografia da divisão das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau por sub-bacias.

Os afluentes são considerados de extrema importância no contexto geral de uma bacia hidrográfica, por reflectirem características próprias oriundas de cada área circundante, principalmente no contraste entre áreas com maior conservação das características originais e áreas que sofreram processos antrópicos. Por sua vez, a bacia hidrográfica do rio Caima, apresenta 12 importantes afluentes, com características distintas e formando importantes sub-bacias, como se pode observar na tabela 2.1 e na figura 2.3.

Na tabela 2.2 estão descritos os parâmetros e respectivos valores que caracterizam de forma qualitativa a bacia do rio Caima.

Tabela 2.2

Características geométricas, hidrográficas e de relevo da Bacia Hidrográfica do rio Caima.

Características	
Índice de Gravelius, K_c	1.54
Factor de forma, K_f	0.19
Comprimento médio da bacia	32.35km
Largura média da bacia, L_e	6.06km
Densidade de drenagem, λ	1.24 km/km ²
Comprimento total dos cursos de água, Δ	244km
Percurso médio do escoamento superficial, P_s	0.20km
Altitude máxima	1150m
Altitude mínima	50m
Altitude mediana	287m
Altitude média, Z	411.74m
Altura média, H	428.70m
Índice de declive de Roche I_p	0.034
Índice de declive global, I_g	0.026
Coeficiente de massividade, C_m	2.19 m/km ²
Coeficiente orográfico, C_o	938.85

O rio Caima, assim como alguns dos seus afluentes (como por exemplo o rio Viques, o rio Fílvida ou a ribeira de Dornelas, a ribeira de Vila de Chã, a ribeira de Mouquim e a ribeira de Telhadela ou da Felgueira) são cursos de água com regime perene, decorrente de um lençol freático que mantém uma alimentação contínua e nunca desce abaixo da superfície topográfica, mesmo durante os períodos de secas mais severas.

Outros afluentes não apresentam o mesmo comportamento caracterizando-se como tendo regime intermitente, ou seja, escoam somente nas estações húmidas e secam nos períodos de estiagem, e outros que são efémeros, por existirem durante ou imediatamente após os períodos de precipitação e só transportam escoamento superficial.

2.2.2 – Bacia Hidrográfica do rio Mau

A bacia hidrográfica do rio Mau (Figura 2.1a) está situada na sua íntegra, no Concelho de Sever do Vouga, limitada pelos paralelos 4504000 e 4517000 N e os meridianos 549000 e 555000 E (coordenadas UTM).

A bacia do rio Mau, afluente da margem direita do rio Vouga, possui uma área de 30.3km² e apresenta uma rede de drenagem do tipo dendrítico.

Esta bacia hidrográfica apresenta uma orientação predominantemente N-S desde a Serra do Salgueiro no rio Bom, até à freguesia de Pessegueiro do Vouga, onde a sua foz encontra o troço do rio Vouga. A área da bacia está limitada a norte e a este pela área da Bacia do rio Caima e ao Oeste pelas áreas das pequenas bacias hidrográficas da ribeira do Pessegueiro e do rio Salgueiro. A área da bacia apresenta uma forma alongada de N-S, com uma zona central mais larga. As linhas limítrofes de seu contorno unem-se nas extremidades sugerindo um formato oval em bico.

O rio Mau tem uma extensão de 12.4km e tem como classificação decimal a referência 719-12 [W₁₆]. Para este rio convergem inúmeras linhas de água e dois importantes afluentes, o Rego da Laje, mais ao sul da bacia e o rio Bom, troço na extremidade norte da bacia que dá origem à nascente do rio Mau.

O curso de água do rio Mau tem a sua origem na serra de Salgueiro, zona de maior altitude (entre 600 e 800m). A linha de água considerada principal nasce da confluência com o Rio Bom, nas imediações de Quintã, na freguesia de Silva Escura. O rio corre em praticamente toda a sua extensão, de norte a sul, encaixado sob um relevo extremamente íngreme, cujo material geológico predominante é o xisto. A ocorrência constante de afloramentos rochosos condiciona a direcção das linhas de água num percurso sinuoso e dão origem ao aparecimento de importantes quedas de águas. O segundo e último afluente de maior importância na rede de drenagem, o Rego da Laje, localizado à esquerda da margem do rio Mau, tem a sua confluência com o rio Mau nas proximidades da antiga área da Mina do Braçal, a uma altitude média de 160m.

Ao longo de praticamente toda a margem do rio, ocorre uma vegetação densa e de porte alto, o que na maioria dos casos minimiza o risco de deslizamento de rochas e solos dos taludes que possuem uma elevada inclinação.

2.3 – Climatologia

O clima é um dos factores ambientais de maior importância nos estudos de geoquímica ambiental e na avaliação da qualidade ambiental dos ecossistemas, uma vez que a precipitação, temperatura do ar, vento, nevoeiro e nebulosidade influenciam directamente o comportamento dos elementos químicos e estes por sua vez estão relacionados directamente com os recursos naturais (solo, água, fauna e a flora).

Dentro deste contexto, e por se tratar de uma área extensa, torna-se importante dispor de informação precisa e consistente dos factores climáticos para uma dada região, já que estes variam, por exemplo, em função da altitude e das características do relevo de entre outros factores.

Sendo assim, serão apresentadas a partir do Atlas do Ambiente [W₂₁] informações globais de alguns parâmetros meteorológicos importantes, com o objectivo de definir as características climáticas da zona em estudo.

O arranjo regional do clima de Portugal está basicamente condicionado por dois factores fundamentais: (a) o gradiente O-E resultante da diminuição progressiva da intensidade e frequência da penetração das massas de ar atlânticas e (b) a orientação do relevo que facilita ou dificulta a circulação ou estagnação das massas de ar pouco a pouco modificada pela sua deslocação sobre o continente [DAVEAU, 1980].

O conjunto das variáveis climáticas observadas para a região em que se localizam as bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau mostra as influências cruzadas de um clima mediterrânico típico a sul e de um clima temperado de feição marítima mais vincada e característico nas regiões a norte.

O clima característico da região onde estão inseridas as duas bacias hidrográficas é do tipo temperado com influência marítima e denota a proximidade ao Oceano Atlântico, a influência da forma do relevo e da circulação do vento.

Segundo o Atlas do Ambiente [W₂₁] e considerando a repartição espacial das precipitações no continente, verificamos que a sua distribuição é influenciada pela distância ao litoral e pela variação da altitude.

Na região onde se localizam as bacias hidrográficas do rio Caima e Mau, verifica-se, através da consulta do Atlas do Ambiente, os seguintes valores médios anuais: a) Precipitação - oscila entre 1000 e 1400mm, apresentando valores mais elevados nas zonas de maior altitude; b)

Temperatura - oscila entre os 10°C a Norte e 12.5° no interior; c) Humidade do ar - considerada elevada, oscilando entre 70 e 75%; d) Evapotranspiração real: - valores que oscilam entre 600 e 700mm; e) Geada – a maior probabilidade de ocorrência de valores médios (dias), nota-se na parte norte das bacias, com 10 dias/ano de geada média, enquanto na parte sul o valor de dias com geada é de 5 dias/ano ou menos.

A caracterização de uma dada região apoiada em informações globais, como as descritas anteriormente, não oferece uma informação das condições reais das características climatológicas da área em estudo. Para se ter uma ideia mais precisa dos valores dos parâmetros climáticos, designadamente dos valores médios anuais de precipitação, recorreu-se os dados disponíveis de antigas estações meteorológicas localizadas na área em estudo e nas zonas limítrofes.

As observações utilizadas correspondem às estações udométricas de Albergaria-a-Velha (Altitude 138m; Latitude 42°42' N; Longitude 8°29' W; Posto nº 215), Castelo de Burgães (Altitude 360; Latitude 40°51' N; Longitude 8°29' W; Posto nº 214) e Arouca (Altitude 300; Latitude 40°55' N; Longitude 8°15' W; Posto nº 184) e correspondem a registos obtidos durante um período de 30 anos, (período compreendido entre 1960 e 1993). Segundo o regulamento técnico da Organização Meteorológica Mundial as Normais Climatológicas são definidas como "médias calculadas para um período uniforme e relativamente grande que inclua pelo menos três períodos consecutivos de dez anos".

Através da folha nº3 da Carta de Portugal de escala 1:250000 foram determinadas, utilizando o método dos polígonos de Thiessen, as áreas de influência de cada estação, tendo como referência as bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau. Considerando a bacia do rio Caima, com uma área de 196.4km², verificou-se que 27% da área pertence à estação de Albergaria-a-Velha, 70% pertence à estação de Castelo de Burgães e 3% pertence à estação de Arouca, enquanto que a área da bacia do rio Mau (30.3km²), reparte-se igualmente pela estação de Albergaria-a-Velha e de Castelo de Burgães.

A precipitação foi quantificada por análise das séries de precipitação de longa duração para os períodos correspondentes aos anos hidrológicos referidos anteriormente.

Analisando os dados verifica-se que os valores da precipitação média anual oscilam entre 584.6 e 2022.3mm na estação de Albergaria-a-Velha, entre 925.7 e 3104.5mm na estação de Castelo de Burgães, e entre 630.5 e 2671.5mm na estação de Arouca.

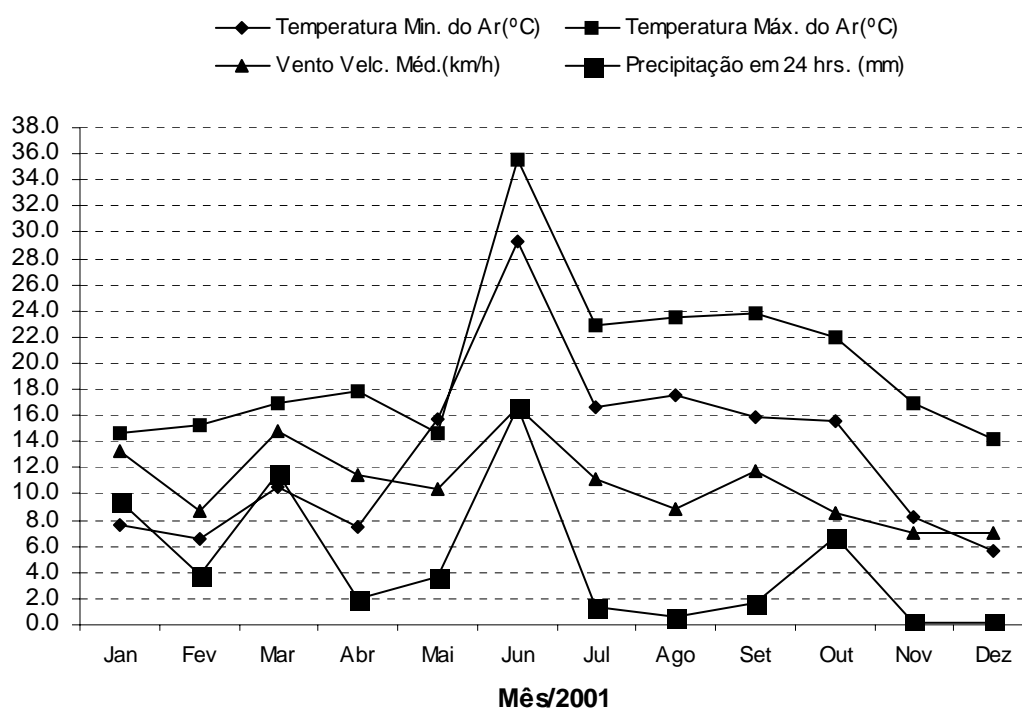


Figura 2.4

Representação gráfica da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o ano de 2001.

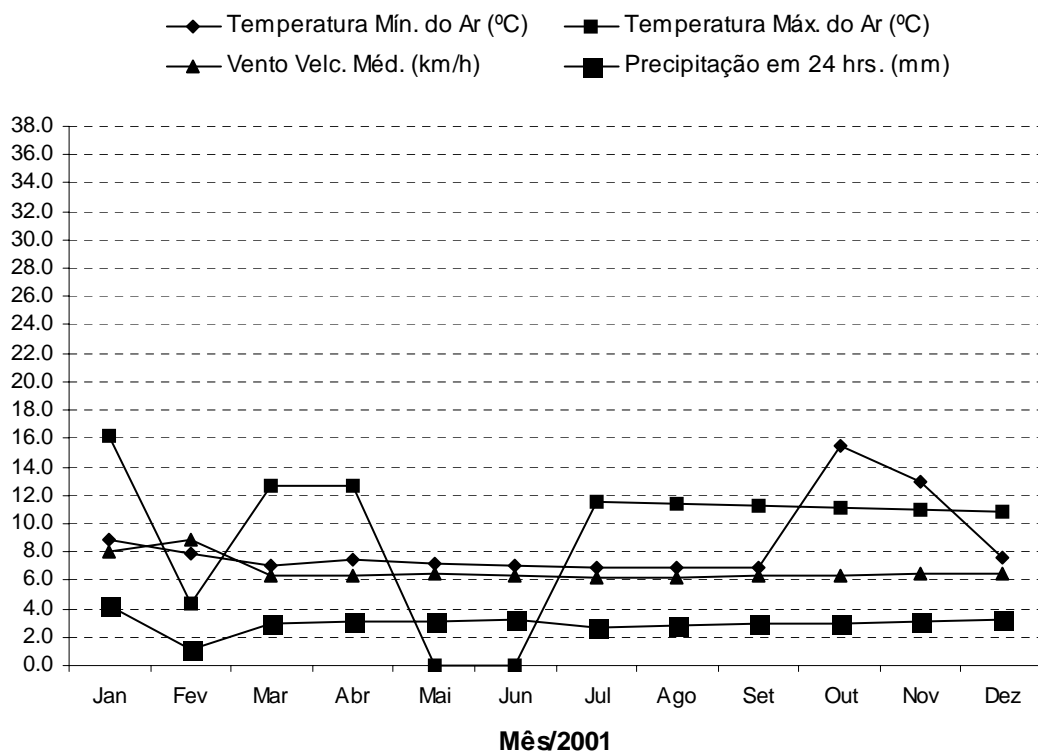


Figura 2.5

Representação gráfica da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o ano de 2002.

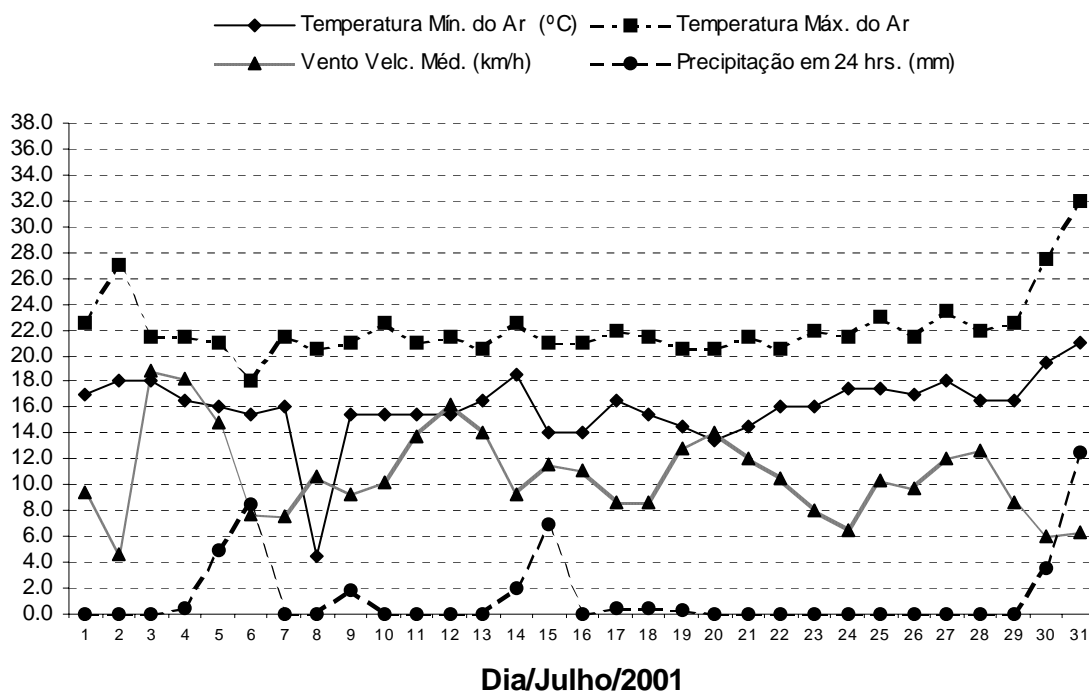


Figura 2.6

Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação obtidos para o mês de Julho de 2001 (Período de Verão).

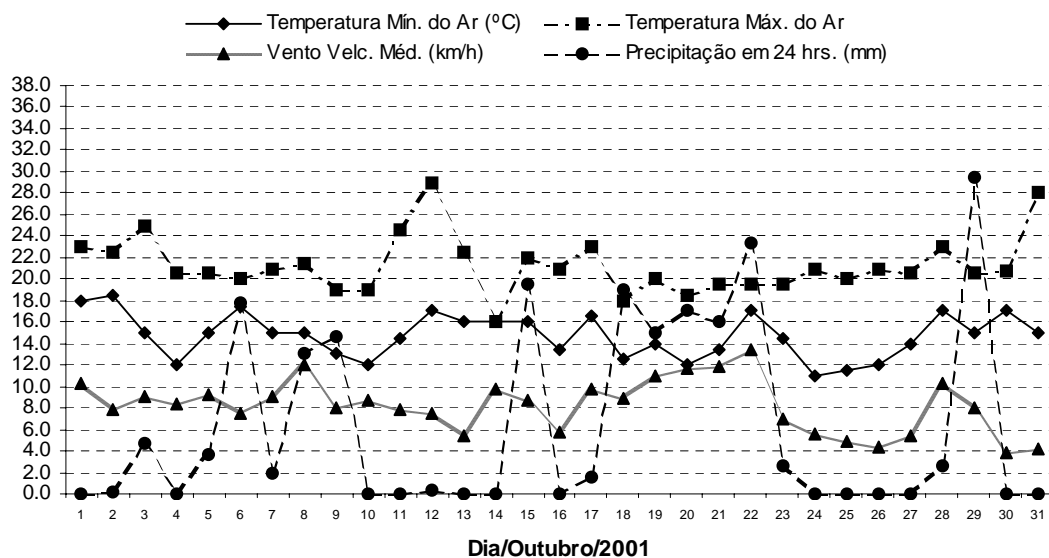


Figura 2.7

Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação obtidos para os dias do mês Outubro de 2001 (Período de Outono).

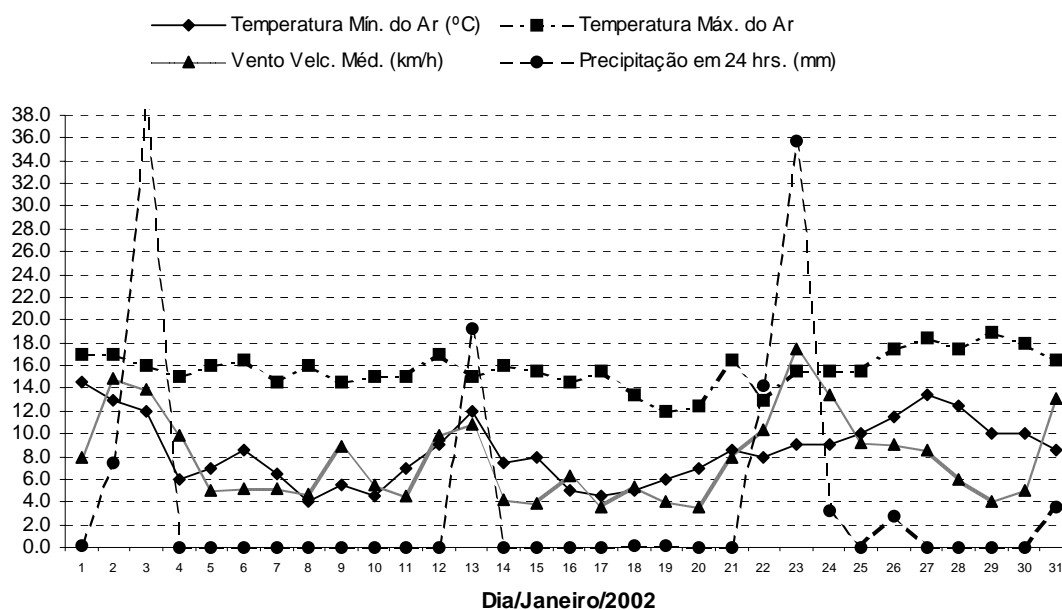


Figura 2.8

Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o mês de Janeiro de 2002 (Período de Inverno).

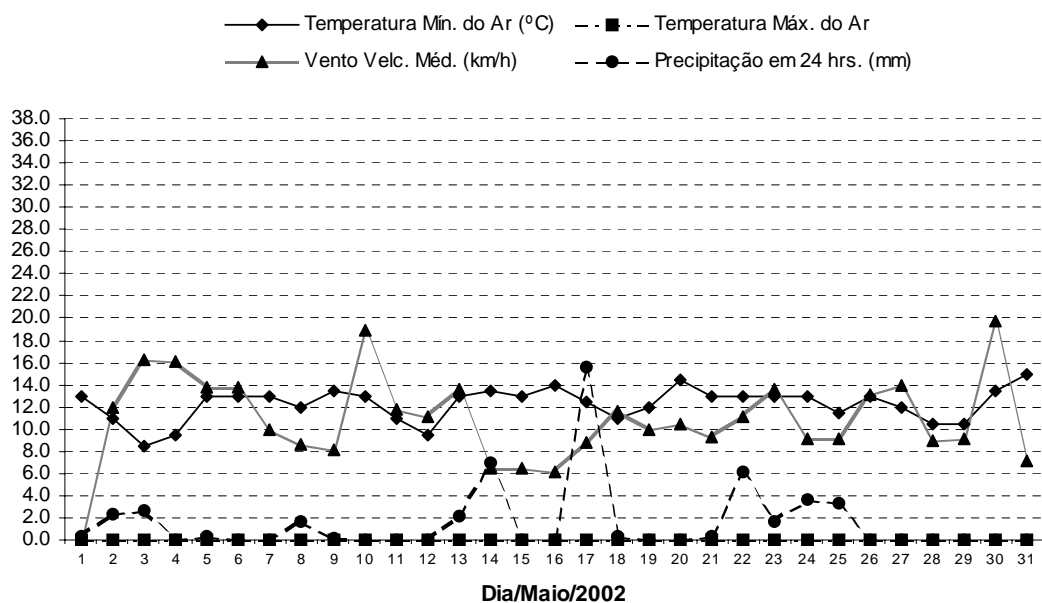


Figura 2.9

Representação da variação dos valores da temperatura média do ar, velocidade do vento e precipitação para o mês de Maio de 2002 (Período de Primavera).

Com vista a uma avaliação mais pormenorizada dos resultados das análises físico-químicas e da comunidade de diatomáceas, foram utilizados os dados médios mensais de precipitação, temperatura do ar e velocidade do vento (Figuras 2.4 e 2.5), considerando os registos de 2001 e

2002, assim como, foram considerados os valores médios diários destes parâmetros para os meses correspondentes aos das colheitas (Figuras 2.6 a 2.9). Os dados foram obtidos na estação meteorológica (nº 102) de Aveiro.

2.4 – Enquadramento Geológico

2.4.1 – Geologia regional: uma síntese

O substrato do bordo ocidental do Maciço Ibérico (Figura 2.10) é vincado, genericamente, entre as regiões do Porto e Tomar por uma importante faixa de cisalhamento, com orientação geral NNW-SSE [GAMA PEREIRA, 1987; CHAMINÉ, 2000]. Para Oeste deste limite tectónico desenvolve-se uma vasta região constituída por depósitos de idade pós-Pérmica enquadrados na denominada Bacia Lusitaniana [RIBEIRO et al., 1979]. Na faixa de cisalhamento de Porto-Tomar podemos distinguir diferentes unidades geológicas que se destacam principalmente pela sua litologia, estrutura e metamorfismo [GAMA PEREIRA, 1998; CHAMINÉ et al., 2003a,b].

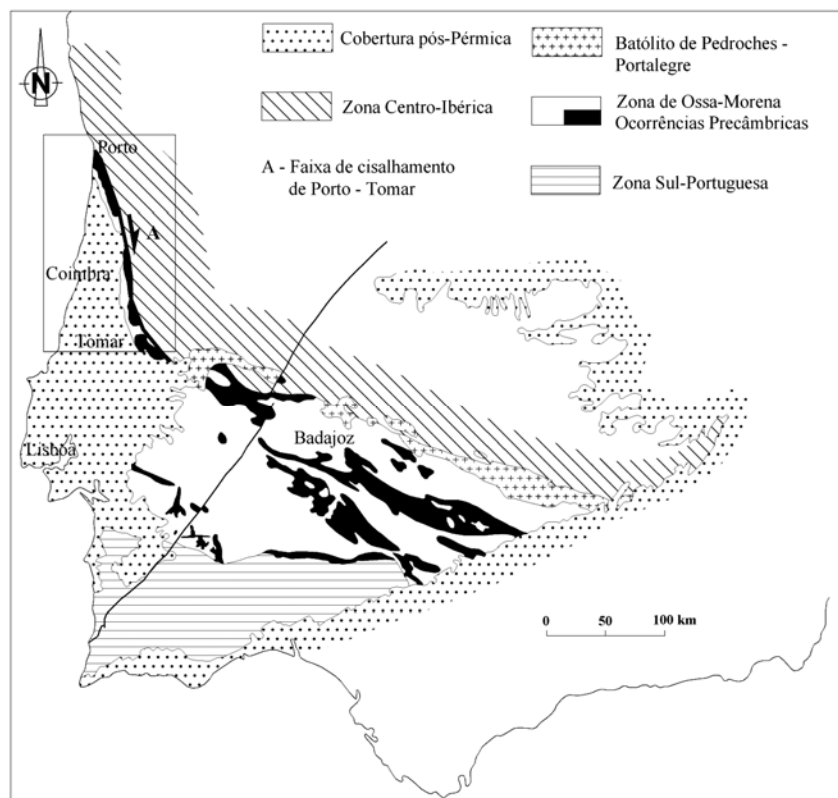


Figura 2.10

Enquadramento geotectónico regional da faixa de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (Zona de Ossa-Morena/Zona Centro Ibérica, W de Portugal) no Maciço Ibérico [CHAMINÉ et al., 2003a].

Do ponto de vista geológico regional este megadomínio integra-se numa faixa de cisalhamento mais vasta, de direcção geral NNW-SSE, que se prolonga, desde os arredores do Porto até Tomar, passando pela Foz do Douro, Espinho e Albergaria-a-Velha [SEVERO GONÇALVES, 1974; RIBEIRO et al., 1980; CHAMINÉ 2000], voltando a aflorar entre Sernada do Vouga, Águeda, Mealhada, Coimbra, Espinhal, Alvaiázere e Tomar [GAMA PEREIRA, 1987, 1998; CHAMINÉ, 2000; 2003b]. Este sector tomou a designação genérica de faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar [RIBEIRO et al., 1979; DIAS & RIBEIRO, 1993].

Esta faixa engloba unidades tectonoestratigráficas, de idade proterozóica média-superior a paleozóica média-superior, fazendo parte, tradicionalmente, da Zona de Ossa-Morena (ZOM) do Terreno Autóctone Ibérico inserido na Cadeia Varisca Ibérica [LOTZE, 1945; JULIVERT et al., 1974, RIBEIRO et al., 1990]. A faixa de cisalhamento de Porto–Coimbra–Tomar (ZOM) contacta a oriente com a Zona Centro-Ibérica (ZCI). O conjunto anterior faz parte do megadomínio de cisalhamento de Porto–Tomar–Ferreira do Alentejo [CHAMINÉ 2000; CHAMINÉ et al. 2003a,b; RIBEIRO et al. 2003].

2.4.2. Esboço geológico-estrutural das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau

Para a representação das principais unidades geológicas das áreas das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau (elaboração de um esboço geológico síntese), foram utilizados os seguintes elementos:

- a informação litológica e geológica da folha N° 13-D (Oliveira de Azeméis) da Carta Geológica de Portugal, publicada pelos Serviços Geológicos de Portugal (SGP) à escala 1:50000 [PEREIRA et al., 1980] e a informação das folhas N° 154, 155, 164 e 165, na escala 1:25000, edição do Serviço Cartográfico do Exército; foi também consultado o esboço geológico (cuja base litológica foi sintetizada a partir das Cartas Geológicas de Portugal da região publicadas pelos SGP e os trabalhos de SEVERO GONÇALVES (1974) de AGUADO (1992), bem como a 5ª edição da Carta Geológica de Portugal, escala 1:500000 [OLIVEIRA et al., 1992] e a Carta Litológica de Portugal, escala 1:500000 edição da Comissão Nacional do Ambiente [SOARES DA SILVA, 1983];
- para a pequena porção da extremidade sul da área em estudo, correspondendo os afluentes dos rios Caima e Mau e do troço do rio Vouga, as informações básicas de geologia provêm do trabalho de SEVERO GONÇALVES (1974) – Esboço cartográfico da região entre Oliveira de Azeméis e Albergaria-a-Velha, à escala 1:80000;

- recorreu-se à síntese cartográfica mais recente para os terrenos da Zona de Ossa-Morena da região entre Oliveira de Azeméis e Albergaria-a-Velha do documento inédito intitulado “Mapa geológico da faixa metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha”, escala 1:100000, da autoria de CHAMINÉ (2000);
- por fim, para o estabelecimento do quadro geológico-estrutural e da sistematização tectonoestratigráfica regional, sem prejuízo dos outros elementos consultados, recorreu-se fundamentalmente ao trabalho de CHAMINÉ (2000) e de CHAMINÉ et al. (2003a).

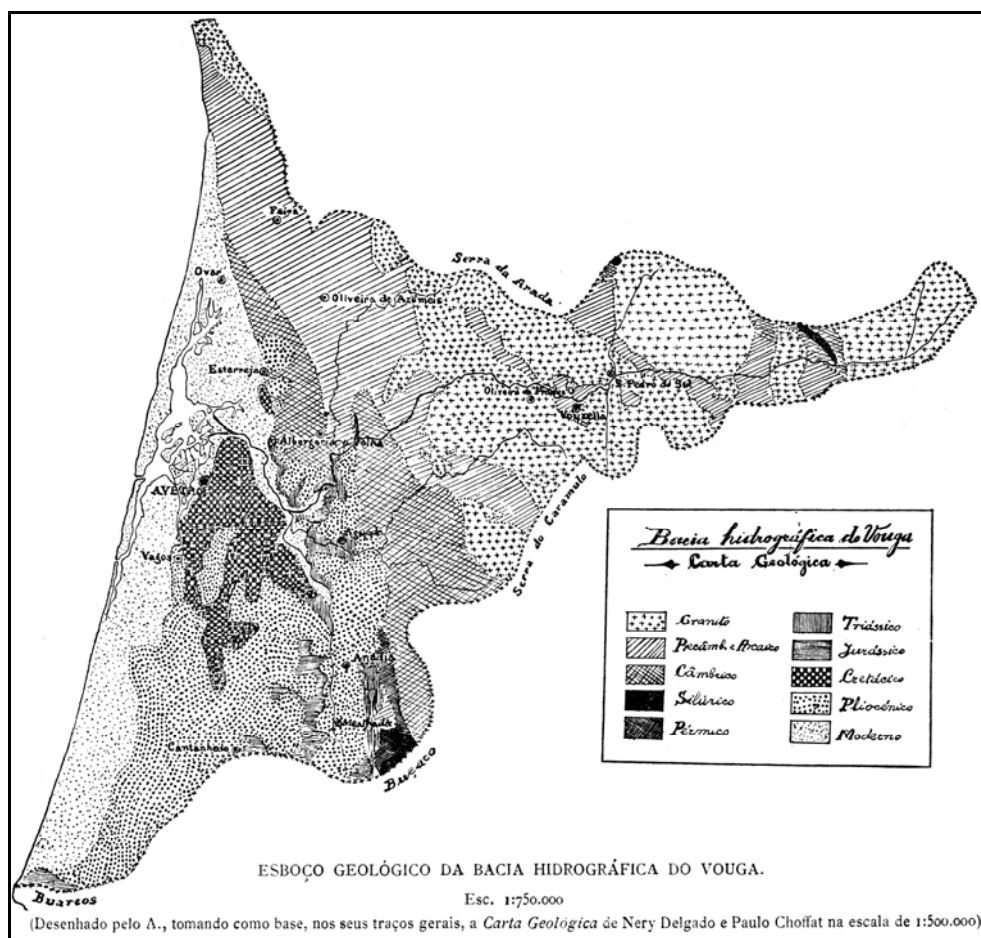


Figura 2.11

Reprodução da cartografia geológica da bacia hidrográfica do Vouga, segundo GIRÃO (1922).

Em termos de fontes bibliográficas regionais poderemos referir que no início do século XX foram realizados estudos geológicos, nomeadamente sobre os temas de geologia e geografia regional [e.g., SHARPE, 1849; RIBEIRO, 1860; DELGADO, 1905; GIRÃO, 1922] com apresentação dos primeiros esboços cartográficos da região (Figura 2.11). SOEN (1970), SEVERO GONÇALVES (1974,

1984), RIBEIRO et al. (1979, 1980, 1995), PEREIRA et al. (1980), TEIXEIRA (1981), REAVY (1987, 1988, 1989), REAVY et al. (1991), AGUADO (1992), AGUADO et al. (1993), AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN (1994), BEETSMA (1995), CABRAL (1995) realizaram uma série de estudos sobre a cartografia regional, a tectónica, a petrologia metamórfica e a geoquímica isotópica. Por fim, os estudos geológico-estruturais e tectonoestratigráficos regionais, realizados por CHAMINÉ (2000) e CHAMINÉ et al. (1995, 1999, 2003a,b,c, 2004a,b) permitiram perspectivar a complexidade geológica da região estudada.

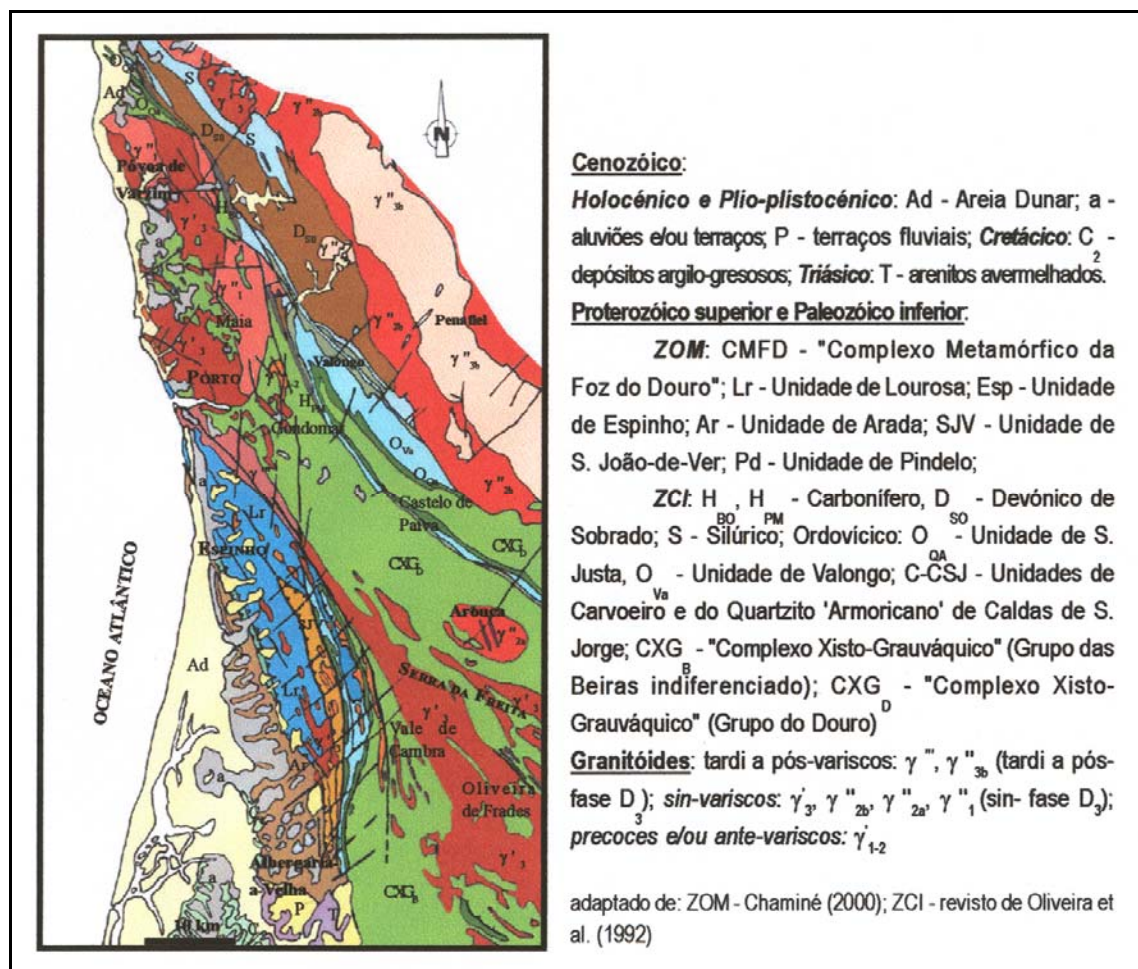


Figura 2.12

Enquadramento geológico regional da área entre a serra da Freita e a bacia sedimentar de Aveiro (adaptado de CHAMINÉ, 2000).

O contexto geológico regional nas sub-bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau é marcado em traços gerais por três unidades geológicas fundamentais (Figura 2.12):

Depósitos de cobertura (actual a plio-plistocénico) constituídos fundamentalmente por depósitos de cobertura aluvionares e terraços fluviais.

Rochas metassedimentares (Proterozóico superior a Paleozóico) [BEETSMA, 1995; CHAMINÉ, 2000]: (i) a oriente da megaestrutura de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar os metassedimentos incluem-se tradicionalmente no denominado Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) ante-ordovícico ou Xistos das Beiras da Zona Centro-Ibérica [SEVERO GONÇALVES, 1974; RIBEIRO et al., 1979, 1980; AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN, 1994]; (ii) a ocidente da megaestrutura referida os metassedimentos incluem-se nas unidades tectonoestratigráficas da Zona de Ossa-Morena [CHAMINÉ, 2000; 2003a,b]; (iii) as rochas metassedimentares muito deformadas do Ordovícico constituem o núcleo da megaestrutura de cisalhamento de Porto-Coimbra-Tomar (*s.str.*), inserindo-se na Zona Centro-Ibérica [CHAMINÉ, 2000; CHAMINÉ et al., 2003a, 2004b].

Rochas graníticas: as rochas granitóides e filonianas ocupam uma área considerável desta região, denunciando sobretudo eventos tectonomagmáticos concomitantes com os diversos períodos de instalação relativamente à Orogenia Varisca (ou Hercínica) ou anterior [e.g., SEVERO GONÇALVES, 1974; GAMA PEREIRA, 1987; FERREIRA et al., 1987; AGUADO, 1992; CHAMINÉ, 2000], i.e., genericamente afloram na região rochas granitóides precoces e/ou ante-variscos, sin-variscos e tardi- a pós-variscos.

2.4.3. Unidades geológicas

A figura 2.13 representa uma síntese da cartografia geológico-estrutural das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau. As unidades geológicas regionais consideradas foram as seguintes:

2.4.3.1 - Depósitos de cobertura

Os depósitos de cobertura ocorrem especialmente na zona norte e sul da bacia do rio Caima, bem como ao norte da bacia do rio Mau. Os depósitos de fundo de vale, aluviões/eluviões actuais apresentam também uma expressão cartográfica modesta. Ocupam fundos mais ou menos planos, onde os vales do rio Caima e dos seus afluentes se alargam. Em relação ao rio Mau, as extensões são ainda menores e alternadas ao longo de seus cursos, com destaque para a zona de Silva Escura. São constituídos, em regra, por materiais argilosos,

arenosos e mais raramente por cascalheiras. Os terraços fluviais têm pouca expressão, ocorrendo apenas no rio Caima, a sul de Ossela, a E e NE de Albergaria-a-Velha e a SE de Nogueira do Cravo.

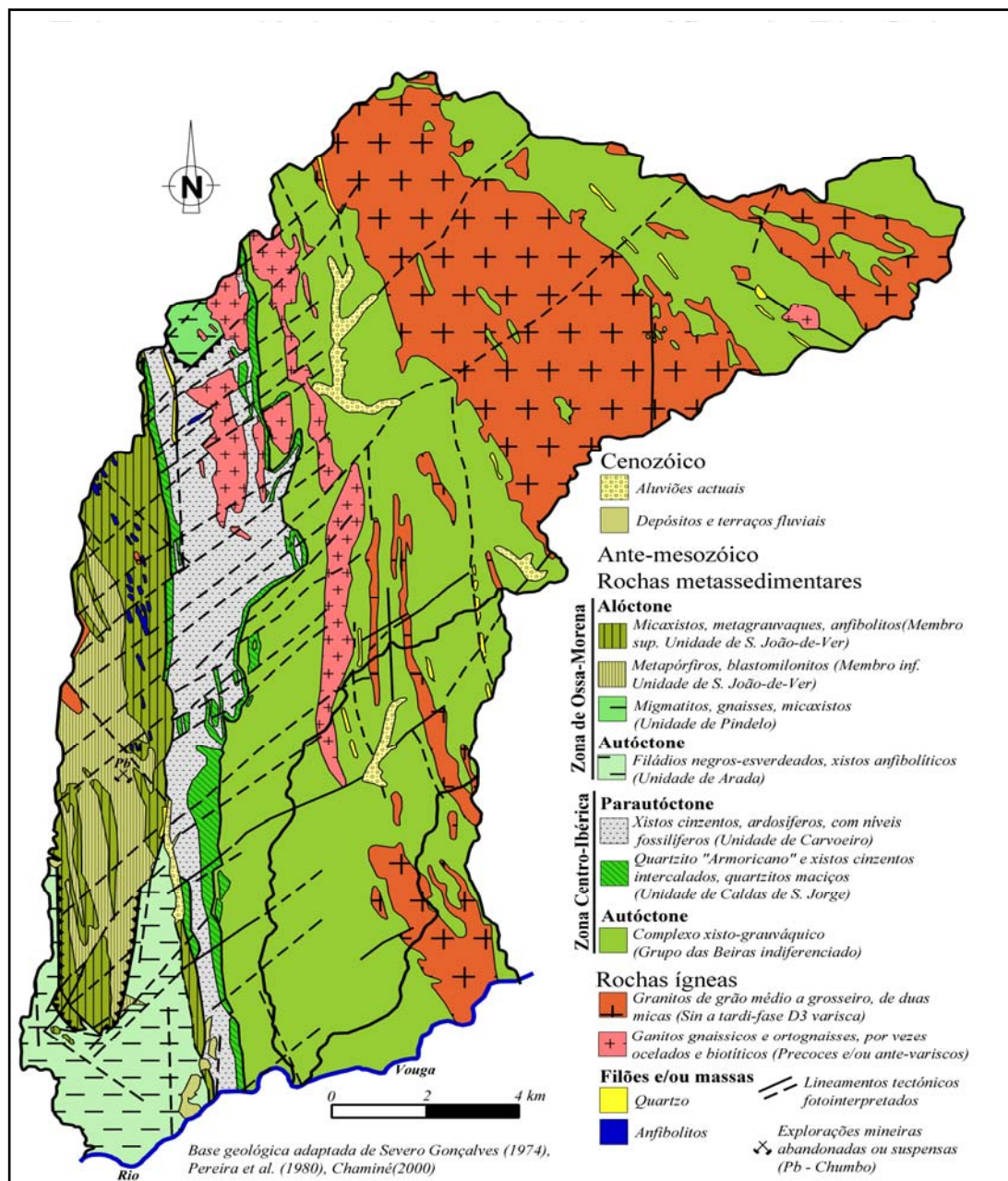


Figura 2.13

Esboço geológico das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau [sintetizado a partir de SEVERO GONÇALVES 1974; PEREIRA et al., 1980; CHAMINÉ, 2000].

A S de Ossela há calhaus de granito com mais de 20cm de diâmetro e cascalheiras de quartzo e quartzitos, dispersando-se por algumas centenas de metros e posicionando-se uns 10-

15m acima do leito do rio [PEREIRA et al., 1980]. A SE de Nogueira do Cravo, um depósito com características de cone de dejeção, formado por quartzitos pouco trabalhados, parece representar uma acumulação de sopé, correspondente à Serra de Pindelo [PEREIRA et al., 1980].

Por fim, os depósitos de vertente não têm uma expressão significativa nas bacias estudadas. Cingem-se a pequenas manchas que ocorrem nas encostas viradas a oeste da Serra do Pereiro, do Lordelo e do Picoto. Estas unidades localizam-se, principalmente, no fundo dos vales, onde formam importantes depósitos, de materiais de grão fino a grosseiro, provenientes de transportes pelas águas que decorrem da erosão das vertentes.

2.4.3.2 - Rochas metassedimentares

O Complexo Xisto-Grauváquico (ante-Ordovício)

O CXG pode ser descrito como uma sucessão monótona de materiais xistentos e grauvacóides com algumas intercalações conglomeráticas e que ocupam uma extensa área na parte central e norte de Portugal [CARRINGTON DA COSTA, 1950]. Os relevos de quartzito 'Armoricano' que marcam geomorfologicamente o flanco leste da estrutura regional de Caldas de S. Jorge–Carvoeiro [CHAMINÉ et al., 2004b] contactam tectonicamente com uma série metassedimentar denominada de Complexo Xisto-Grauváquico (CXG) do Grupo das Beiras indiferenciado.

Na proximidade do contacto, o CXG é composto essencialmente por intercalações centimétricas de filitos e de metagrauvaques típicas de uma série 'flyschóide'. Os afloramentos do CXG, a oriente da faixa metassedimentar do Paleozóico inferior, podem ser genericamente, descritos como sequências metassedimentares relacionadas com sedimentação turbidítica proximal, com baixo grau metamórfico, formados por alternâncias de xistos e de metagrauvaques. Localmente, foram referenciadas bancadas conglomeráticas e quartzíticas.

Os metagrauvaques são de grão fino a médio e têm uma matriz quartzo-micácea abundante, a qual é constituída por clastos quartzo-feldspáticos e por raros elementos líticos [e.g., SEVERO GONÇALVES, 1974; PEREIRA et al., 1980; AGUADO, 1992]. AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN (1994) propõem para o CXG desta região uma divisão em duas unidades, superior e inferior.

Em traços muito gerais, partindo do núcleo da estrutura da Serra da Freita [PEREIRA et al., 1980; REAVY, 1987, AGUADO & MARTÍNEZ-CATALÁN, 1994], quer para oeste quer para leste, e da base para o topo, o quadro litológico está representado por quartzitos compactos e xistentos de cor cinzenta escura, metagrauvaques acastanhados, alternando com xistos pelíticos e quartzitos e,

para o topo, por xistos greso-pelíticos e pelíticos de várias tonalidades, alternando com grauvaques e meta-arenitos.

Unidades tectonoestratigráficas da Zona de Ossa-Morena

Definiu-se, recentemente, para o sector de Espinho–Albergaria-a-Velha (ZOM) a seguinte sistematização tectonoestratigráfica [CHAMINÉ, 2000; FERNÁNDEZ et al., 2003; CHAMINÉ et al., 2003a,b, 2004a]: rochas metassedimentares de baixo a alto grau metamórfico, as Unidades de Lourosa e de Pindelo (gnaisses, migmatitos), a Unidade de Espinho e a Unidade de Arada (micaxistos com granada e estauroilite, quartzito com granadas; filádios esverdeados), bem como as Unidade de S. João-de-Ver (micaxistos, blastomilonitos) e as Unidades de Albergaria-a-Velha e de Sernada do Vouga (metapelitos negros do Paleozóico superior).

As rochas metassedimentares do Ordovícico

Das rochas metassedimentares muito deformadas do Ordovícico destacamos, aqui, unicamente as Unidades de Carvoeiro e de Caldas de S. Jorge [CHAMINÉ, 2000; CHAMINÉ et al., 2003a; 2004b], por serem estas que contactam com as unidades da ZOM — Unidades de Lourosa, de Arada, de S. João-de-Ver e de Albergaria-a-Velha. A leste de Lourosa e de Albergaria-a-Velha desenvolve-se uma estreita faixa de rochas quartzíticas do tipo ‘Quartzito Armoricano’ e de xistos ardosíferos e filitos cinzentos, com aproximadamente 35km de extensão, com orientação geral N-S, e que se prolonga desde a localidade de Caldas de S. Jorge (SE de Lourosa) até Carvoeiro (Albergaria-a-Velha), respectivamente. Esta faixa corresponde a uma série de afloramentos designados por TEIXEIRA (1981) como “Ordovícico de entre Carvoeiro (Vouga) a Caldas de S. Jorge”.

Esta faixa de rochas metassedimentares é formada genericamente por xistos argilosos acinzentados com intercalações quartzíticas. Várias cristas quartzíticas do tipo “Armoricano” ocorrem, das quais, a mais importante é a estrutura que se estende entre Milheiroz de Poiares e Telhadela.

2.4.3.3 - Rochas granitóides

São rochas que ocupam uma considerável extensão das áreas das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau. As intrusões graníticas estão afectadas em maior número pela deformação varisca, pertencendo, assim, na sua grande maioria a granitos de tendência alcalina, de granularidade média e grosseira.

Granitóides precoces e/ou ante-variscos

Os granitóides deste grupo dispõem-se espacialmente ao longo da denominada “Faixa Blastomilonítica de Oliveira de Azeméis” [RIBEIRO et al., 1979, 1980] tendo sido atribuída, posteriormente, a designação de “Complexo granítico da faixa blastomilonítica de Oliveira de Azeméis” [PEREIRA et al., 1980]. Actualmente, enquadram-se no domínio estrutural da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Tomar (*s.str.*) segundo a terminologia de AGUADO (1992) e CHAMINÉ (2000).

As principais manchas dos granitóides precoces e/ou ante-tectónicos observadas são formadas por vários complexos de rochas granitóides constituídos fundamentalmente por granitos gnáissicos, por ortognaisses e por gnaisses-migmatíticos, com orientação variável de N-S a NW-SE, e ocupando o núcleo de uma estrutura cujo eixo se orienta na direcção NW-SE. Observa-se também, de modo sistemático, a existência de uma concordância entre as estruturas dos granitóides (estruturas de fluxo, eixos de dobras, etc.) e das rochas metassedimentares encaixantes com a xistosidade regional [AGUADO, 1992; CHAMINÉ, 2000].

Granitóides de grão médio a grosseiro, de duas micas

A maioria destes granitóides incluiu-se, na classificação de FERREIRA et al. (1987), no grupo dos “granitos sin-orogénicos de duas micas” e são sin- a tardi-fase D₃ varisca [PEREIRA et al., 1980; AGUADO, 1992; CHAMINÉ, 2000]. No geral, formam na região maciços compósitos que ocupam os núcleos de antiformas da fase D₃ varisca intimamente relacionados com o metamorfismo regional e com o desenvolvimento de megacisalhamentos dúcteis. São granitos de duas micas, de grão médio a grosseiro, por vezes porfiróide, exibindo normalmente deformação expressa por uma foliação contemporânea da fase D₃ varisca.

O granito de grão grosseiro abrange uma área extensa da bacia do rio Caima. Ocupa uma faixa que se estende de SE a N, próximo de Junqueira e Vila Nova de Perrinho, respectivamente.

O granito de grão médio é o mais representativo na área da bacia do rio Caima. São granitos de duas micas, deformados pela fase-D₃ varisca, com foliação bem marcada e quimicamente apresentando acentuada tendência alcalina. Ocorrem, em conjunto, em duas faixas de plutões graníticos designados, respectivamente, por granito da Serra de Freita-Chave e granito de São João da Serra-Arões-Cesar. Possuem quimismo e mineralogia semelhante. No entanto, a faixa granítica que passa em São João da Serra, correspondente a um nível estrutural mais baixo,

exibe granularidade mais grosseira e presença constante de silimanite [PEREIRA et al., 1980]. As duas faixas incluem manchas de xistos, em regra, injectados por granitos.

Os afloramentos do granito de grão fino são praticamente inexistentes nas áreas estudadas. Correspondem a algumas pequenas manchas na bacia do rio Caima. A SE, pode observar-se o granito de grão fino a cortar o de grão médio e o de grão grosseiro (corte da estrada entre Felgueira e Carvalhal do Chão e ao NE, em Póvoa das Chãs). As foliações apresentadas por estes granitos são intensas na zona de Póvoas das Chãs e Felgueiras.

Por fim, os microgranitos alcalinos com pegmatitos e quartzo associados ocorrem em diques subverticais ou mergulhantes e afloram em ambas as bacias em estudo, com destaque para a bacia do rio Caima. A orientação mais vulgar é NW-SE, ocorrendo oscilação dentro do mesmo quadrante. Dominam os microgranitos e são menos frequentes as massas de quartzo. Estas rochas instalam-se na estrutura da Serra da Freita e exibem foliação incipiente.

2.4.3.4 - Rochas filonianas

Em toda a região estudada e área envolvente encontram-se dispersas rochas de natureza filoniana tardi- a pós-varisca. De uma forma genérica ocorrem na região filões e/ou massas de aplitos, aplito-pegmatitos e pegmatitos, filões de quartzo e ainda de rochas básicas (anfibolitos). Nos trabalhos de CABRAL (1858), RIBEIRO (1860), DELGADO (1905), SEVERO GONÇALVES (1974), REAVY (1987), AGUADO (1992), CHAMINÉ (2000) estão referenciados, inventariados e descritos inúmeros corpos e/ou massas de natureza filoniana diversa.

Os filões anfibolíticos, com uma orientação geral NNW-SSE, caracterizam-se por corpos individualizados, de cor negra a cinzenta-esverdeada, descontínuos, com possanças variáveis desde decimétricas até métricas, raramente atingindo a dezena de metros. Em muitos locais a presença destes corpos filonianos é frequentemente denunciada por uma rocha de cor alaranjada, de aspecto argilo-terroso, consequência da sua alteração que se encontra intruída, quer em rochas metassedimentares quer em granitóides.

Os anfibolitos ocorrem em pequenas manchas, apresentando-se em filões, de poucos decímetros de possança sendo poucos os que atingem espessuras da ordem de 1m e, muito raramente, atingindo as dezenas de metros. A distribuição destas rochas faz-se em faixas alinhadas grosseiramente com as estruturas regionais.

Os filões de quartzo, de aplitos e de pegmatitos associados aos granitóides referidos afloram em toda a região. Ocorrem associados a alinhamentos preferenciais, nomeadamente, segundo a xistosidade regional das rochas encaixantes ou subordinadas a fracturas com direcção média NE-SW.

Estes filões são, em geral, estruturas tabulares e lenticulares, com dimensões centimétricas a métricas, descontínuas e instaladas quer nos maciços granitóides quer nas rochas metassedimentares encaixantes. Podem, em regra, distinguir-se filões com estrutura compacta e filões algo brechificados, contendo, por vezes, alguns sulfuretos disseminados e de origem hidrotermal.

2.5 - Recursos Minerais

Os mais antigos trabalhos de exploração mineira na região Centro e Norte de Portugal remontam, segundo vestígios arqueológicos recolhidos, a tempos pré-históricos.

Em quase toda a região podem encontrar-se explorações, em laboração ou abandonadas¹, de depósitos de minerais metálicos e não metálicos.

A Romanização, consolidada a partir do século I, definiu as estruturas administrativas em vários locais e articulou a região com as restantes áreas do ocidente da Península Ibérica, em que, entre as várias actividades de exploração, se destacava a prospecção e a exploração racional das minas de prata e cobre.

Com o passar dos anos a dinâmica da industrialização, embora tardia, trouxe algumas melhorias, entre as quais os caminhos-de-ferro do Vale do Vouga concluído já no início do século XX. Esta iniciativa contribuiu para uma melhor integração entre as comunidades dos concelhos da região envolvente o que se reflectiu na exploração do minério da região.

As minas do Braçal, Malhada e Coval da Mó, conhecidas desde a época Romana, passaram a ser exploradas por um concessionário alemão, o Eng. D. Fewerheed, e em 1877 é criada a Sociedade Administrativa das Minas do Braçal. Para além do chumbo, cobre e estanho

¹ 1 - ... reporta-se em geral, a minas para as quais não existem responsabilidades inerentes à propriedade, por falência ou simples abandono do concessionário. Durante o desenvolvimento do acordo não se rejeitou a possibilidade de incluir minas sobre as quais existem ainda algumas responsabilidades de tutela empresarial, designadamente no que ao controlo e à vigilância das situações a que diz respeito. [SANTOS OLIVEIRA et al., 2000].

explorado em praticamente toda a região, também o ciclo do volfrâmio, já nos primeiros anos do século XX, deixou marcas de uma prosperidade efémera.

A zona em estudo faz parte de uma região mineira do País, que outrora foi muito importante do ponto de vista socio-económico, pelo desenvolvimento de inúmeras explorações mineiras. Entretanto, a herança deixada de uma gestão operacional e ambiental inadequada dos projectos mineiros seguida do abandono das áreas mineiras, foi bastante negativa e até desastrosa [CARVALHO, 1971].

No passado os recursos metálicos do subsolo assumiram papel de relevo na economia da região. A mineralização, essencialmente chumbo, cobre, volfrâmio, arsénio, entre outros, ocorre associada ao "*Grande Filão Metalífero das Beiras*" alvo de estudos desde o século passado, através do trabalho de Carlos Ribeiro, publicado em 1860. Nesse trabalho é referida a presença de arsenopirite, volframite, galena, anglesite, pirite e calcopirite. Este filão corresponde ao preenchimento de uma importante falha ("zona de cisalhamento") orientada sensivelmente NNW-SSE, com várias ramificações. O preenchimento da falha é fundamentalmente silicioso-carbonatado e comporta paragénese minerais complexas, onde se salientam os sulfuretos. Já em 1889, outro trabalho, realizado por Severiano Monteiro e J.A. Barata [PEREIRA et al., 1980] faz referências às minas de chumbo, prata, zinco, cobre e arsénio da região.

De norte para sul encontram-se referidos vários antigos centros de exploração mineira relacionados com estruturas filonianas quartzosas [CABRAL, 1858; RIBEIRO, 1860; DGMSG, 1946; 1962; CARVALHO, 1971; SEVERO GONÇALVES, 1974; MORENO et al., 1999], designadamente: i) o Pintor, localizada em Nogueira do Cravo (Oliveira de Azeméis) onde se explorou principalmente arsénio, volfrâmio e, ainda, estanho, cobre, chumbo, ouro e prata; ii) o Palhal, situado a N de Albergaria-a-Velha, próximo ao rio Caima, com uma série explorações designadas localmente por mina da Telhadela (Cu), do Palhal (Cu, Pb, Zn), do Carvalhal (Pb), do Almalho (Pb, Ag), e iii) Braçal (Pb).

Segundo CARVALHO (1971) existiram na região do Distrito de Aveiro inúmeras concessões registadas, mas que na sua maioria não foram consideradas significativas com valor económico.

As minas mais representativas na zona em estudo, representadas no mapa (Figura 2.1b), são a mina do Palhal (Cu), a mina do Braçal (Pb), a mina da Telhadela (Cu), a mina do Almalho (Pb, Ag) e a mina do Carvalhal (Pb), sendo as duas primeiras, as únicas objecto de estudo no presente trabalho, por serem consideradas importantes fontes de impacto químico, físico e paisagístico nas áreas envolventes devido ao estado de abandono e de deterioração avançada em que se

encontram [NUNES et al., 2003; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c; BORG & HEDLUND, 2001]. A exploração de recursos não-metálicos tem também uma forte expressão na região em estudo com maior relevância do ponto de vista socio-económico do que do ponto de vista de impacto ambiental. De entre os recursos não-metálicos destacam-se na região as explorações de saibro e areia, (depósitos fluviais e marinhos das areias do Pliocénico e das areias e cascalheiras do Terciário), as explorações de argilas e quartzitos, e as pedreiras de xisto e granito, utilizadas na produção de brita e alvenaria.

2.5.1 – Caracterização das áreas de antigas Minas

As descrições que se seguem pretendem apresentar, de uma forma detalhada, as características das antigas áreas mineiras localizadas na área em estudo. Estas minas que se encontram abandonadas, há várias décadas, são actualmente motivo de preocupação por representarem uma ameaça de perigo ao ambiente circundante e ao Homem.

2.5.1.1 - Complexo do Palhal (Minas do Palhal, Telhadela, Cardeal de Cima)

A área está localizada próximo da ponte do Palhal, nas margens do rio Caima, nos limites das freguesias de Ribeira de Fráguas e Branca do concelho de Albergaria-a-Velha (Figura 2.1b).

Há registos sobre a existência da exploração desta mina, já no século XVIII. A actividade foi mais intensa a partir de 1870 durante a administração de uma companhia inglesa estabelecida na área e que se prolongou até ao final do século [CARVALHO, 1971].

Segundo o mesmo autor, o jazigo do Palhal compreende diversos filões paralelos com a direcção EO, inclinação média de 70° para N e possanças compreendidas entre 40 e 80cm, onde foram abertas galerias que totalizam 6km e desmontes distribuídos por 20 pisos até 400m de profundidade, que é exactamente a profundidade do poço mestre (considerado um dos maiores do País). A rocha encaixante é o gnaiss e os minérios extraídos foram principalmente os de cobre, sendo a calcopirite o mineral mais abundante. O chumbo, zinco e prata estavam presentes nas antigas lavras nos minerais galena e a blenda, ambos argentíferos. Outros minerais também estavam presentes, em complexos de cobre contendo níquel, cobalto e prata.

A presença das escombrelas, decorrente da acumulação de material residual (escória), resultante da exploração e do tratamento do minério, é uma presença marcante na margem direita do rio Caima, com forte aspecto negativo na paisagem circundante. As escombrelas são também

fontes activas de contaminação principalmente quando as condições de estabilidade estão deterioradas, em associação como a acção erosiva das águas e dos ventos, que promovem o lançamento de quantidades indeterminadas dos materiais que para as linhas de água e solos de zonas envolventes, originando pontos anómalos no que concerne às concentrações químicas de elementos poluentes, nomeadamente metais pesados [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c; FAVAS, 1999].

2.5.1.2 - Complexo do Braçal (Minas do Braçal, Malhada, Coval da Mó)

Na região do Braçal os trabalhos de exploração mineira dos filões de chumbo e prata remontam à época dos Romanos.

Os nomes Braçal e Malhada são referidos na “Lista Cronológica das Minas Concedidas no Continente”, estando registada a data de 06-08-1836 para a publicação do decreto ou alvará de concessão [CARVALHO, 1971].

O campo mineiro é extenso, abrangendo diferentes áreas mineiras: Braçal, Malhada e Coval da Mó. A mina da Malhada é a mais antiga, tendo sido explorada pelos romanos até 400m de profundidade. A mina do Coval da Mó situada já no concelho de Albergaria-a-Velha, em terrenos da freguesia de Ribeira de Frágoas, foi concedida em 1868 para ampliar a lavra da mina do Braçal, tendo a lavra atingido os 200m de profundidade.

A informação existente sobre a actividade mineira está dispersa por diversos relatórios técnicos. Segundo ALMEIDA (1993), que apresenta uma compilação dos aspectos históricos, geológicos e técnicos mais relevantes da região do Braçal, esta exploração sobreviveu até aos tempos modernos acompanhando a Revolução Industrial, onde aparece referida em documentos de 1857 por Carlos Ribeiro e em 1858 por Schiappa d’Azevedo. Diversos relatórios [SERVIÇO FOMENTO MINEIRO in ALMEIDA, 1993] mostram, neste período, que na Zona Mineira do Braçal, a lavra mineira se desenvolveu em dois campos de exploração (Braçal e Malhada). Já no século XX, no período compreendido entre 1900 e 1917, a Companhia Mineira e Metalúrgica do Braçal retomou a exploração abrindo novas frentes de trabalhos a W do Braçal, situado a poente do marco geodésico do Redondo e que ligaram os trabalhos do Coval da Mó aos da Malhada. O ciclo da exploração teve o seu momento de declínio, precisamente no início da primeira guerra mundial em consequência da falta de mão-de-obra seguido da dificuldade de obtenção de matéria-prima. O período mais recente de exploração foi na época pós 2ª Guerra Mundial, onde se fizeram novos investimentos mineiros. O encerramento em definitivo das actividades mineiras dá-se na década de 70.

As infra-estruturas das antigas minas do complexo do Braçal (que englobavam, entre outros, lavaria, fundição, serralharia e central eléctrica) apresentam actualmente um elevado grau de abandono.

Geologicamente as minas enquadram-se no Complexo Xisto Grauváquico, de fácies grauvacóide metamorfozado na zona da clorite (sericite + clorite + quartzo + albite) e na bordadura do granitóide anti-hercínico de Sever do Vouga de composição granodiorítica [SEVERO GONÇALVES, 1974].

O jazigo é constituído por grande número de filões, com extensões da ordem dos 44km. Da análise do relatório de SHIAPPA D'AZEVEDO [ALMEIDA, 1993; ROCHA et al., 1996] ressalta que o filão não é uma estrutura contínua, sendo pelo contrário constituído por fragmentos de rocha encaixante aglutinados por um cimento argilo-ferruginoso com pirite, e que a rocha encaixante está muito fracturada, o que leva a supor que o filão está relacionado com um acidente tectónico cujo rejeito poderá ter colocado em contacto dois blocos com propriedades físicas distintas.

Segundo o relatório de RIBEIRO (1858) in ALMEIDA (1993), a associação mineral destes filões é composta fundamentalmente por calcite, galena e pirite, que mineralizam uma caixa de falha argilosa onde o quartzo aparece brechificado sendo a mineralização muito irregular.

Outros relatos são referenciados por FONSECA et al., (1984), em que os filões de direcções variáveis, são mineralizados em galena, associando-se a este mineral a blenda, apenas como mineral acessório. Como produtos de alteração superficial aparecem a cerusite e piromorfite, enquanto a ganga é constituída por quartzo e carbonatos dos quais se distingue a dolomite, anquerite, calcite e siderite.

A zona Braçal-Malhada constituiu o campo mineiro que dominou a produção de chumbo, sendo, na altura, as minas mais importantes. Alcançou um pico de produção entre 1150t (ano de 1916) e 1100t (ano de 1922). No entanto, a produção registou uma queda para 50t já em 1936 [CARVALHO, 1971]. O poço mestre, actualmente inundado, atingia 160m de profundidade.

O impacto associado à erosão e à instabilidade dos depósitos de resíduos sólidos "*escombreiras*", é característico de áreas mineiras abandonadas, agravado ainda pelo tipo de material que, em geral, é de granulometria fina e se encontra solto. Estas características facilitam as acções dos fenómenos climáticos, principalmente do vento e das chuvas, das quais podem advir consequências graves para a área circundante [ITGE, 1989; JOHNSON, 1997; BARBOSA, 1999; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c].

Actualmente na área da antiga Mina do Coval da Mó existem diversos depósitos de escombreyras compostas por material muito fino, com cerca de 5m de altura e ocupando uma faixa de aproximadamente 40m. É visível, no local, a deterioração das condições de estabilidade das plataformas das escombreyras que, em conjugação com a acção (mecânica e química) das águas das chuvas, promovem a escorrência de material em direcção a um afluente do rio Filvida, que se localiza a cerca de 50m de distância (Corga do Coval da Mó).

Por outro lado, a cor acinzentada do material das escombreyras e o volume de material das mesmas reflectem-se na paisagem como importantes factores negativos.

2.6 – Pedologia e Flora

No início do novo século a Humanidade enfrenta grandes desafios que decorrem da necessidade, por um lado, de garantir melhor qualidade de vida aos cidadãos e, por outro, de garantir o ordenamento e uso sustentado e equitativo dos recursos naturais colectivos. O recurso solo-planta é considerado cada vez mais como uma charneira fundamental para enfrentar esses desafios. A eles e ao seu uso associaram-se: (a) a capacidade de produção de alimentos e matérias-primas, (b) os potenciais impactos negativos das mudanças globais (aquecimento global), (c) a degradação acelerada dos solos sob forte pressão de uso, (d) a vulnerabilidade de ecossistemas e da biodiversidade, (e) a melhoria e garantia da qualidade do ar e da água; (f) a capacidade de diluir e aproveitar efluentes e resíduos. Os avanços da biotecnologia, das tecnologias de informação e da gestão sustentada do solo constituem as bases indispensáveis para enfrentar os desafios do desenvolvimento.

Neste contexto é indispensável o conhecimento pormenorizado de todos os elementos naturais disponíveis no ambiente, na perspectiva de obter maiores bases científicas e técnicas inerentes à investigação de recursos e ao ordenamento dos territórios, ao uso sustentado da terra, à recuperação de áreas degradadas e à qualidade do solo, do ar e da água.

Na área em estudo, de norte para sul, os solos distribuem-se em categorias distintas, estando fortemente influenciados pelo material de origem, pelas condições de relevo e pelo clima.

Os solos têm origem em importantes grupos geológicos, designadamente os aluviões, os xistos / grauvaques e granitos / gnaisses.

O primeiro grupo deu origem a solos férteis para a agricultura, proveniente da desagregação e alteração da rocha mãe, normalmente das classes B ou A.

Ao grupo dos xistos / grauvaques englobando ainda micaxistos e gnaisses, estão associados normalmente solos das classes D e E.

Ao terceiro grupo, constituído por gnaisses e granitos estão associados normalmente solos de florestas, geralmente das classes D e E.

Considerando-se a classificação da FAO (1998) estes solos enquadram-se nas seguintes classes de solos, por ordem de grandeza: Luvisolos, Podzols, Histosolos, Leptosolos e Cambisolos. A área total do presente estudo, por sua vez, está enquadrada apenas em uma das classes, Luvisolos, a predominante no território nacional.

Para uma abordagem mais pormenorizada apresenta-se, seguidamente, uma descrição e classificação das principais classes de solos existentes nas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau apoiadas nas informações dos Planos Directores Municipais dos concelhos de Arouca, Vale de Cambra, Oliveira de Azeméis, Albergaria-a-Velha e Sever do Vouga, na Descrição dos Solos de Portugal [CARVALHO CARDOSO, 1965], nos estudos dos solos do Baixo Vouga, [ROGADO, 1985a,b,1995; ROGADO et al., 1993] e ainda em informações cedidas gentilmente pelo Prof. Doutor Quintino Rogado.

A - Ordem – Solos incipientes

Solos não evoluídos, sem horizontes genéticos claramente diferenciados, praticamente reduzidos ao material originário. Correspondem aos “Solos Minéraux bruts – non Climatiques” de Aubert & Duchaufour e aos “Etisols” da moderna classificação americana.

A.1 - Sub Ordem – Litossolos

Solos incipientes derivados de rochas consolidadas de espessura efectivamente normal inferior a 10cm. Encontram-se predominantemente em áreas sujeitas a erosão acelerada ou a erosão geológica recente. Correspondem aos “Sols bruts d’érosion sur roche dur” dos franceses e aos “Lithosols” da legenda FAO. Esta sub-ordem contempla os seguintes Grupos:

- Listossolos dos Climas de Regime Xérico;
- de granitos ou quartzodioritos (Eg);
- de gneisses ou rochas afins (Egn);
- de xistos e grauvaques (Ex)

São unidades de pouca representatividade em praticamente toda a área de estudo, aparece apenas em pequenas manchas.

A.2 - Sub Ordem – Aluviosolos

São solos incipientes não hidromórficos constituídos por depósitos estratificados de aluviões. Correspondem, em grande parte, aos “Fluvents” dos americanos e aos “Fluvisols” da legenda da FAO. Esta sub-ordem contempla os seguintes grupos:

- Aluvissolos Modernos - recebem, em geral, de tempos a tempos adições de sedimentos aluvionares.

Família - Aluvissolos Modernos não Calcários

- com textura ligeira – (Al)
- com textura ligeira húmicos – (Alu)
- com textura mediana – (A)

Família - Aluvissolos Modernos não Calcários Húmicos

- com textura mediana húmicos – (Au)

- Aluvissolos Antigos: são aluvissolos que já não recebem em regra, adições de sedimentos aluvionais. Constituem em geral terraços fluviais.

Família - Aluviosolos Antigos não Calcários

- com textura ligeira – (Atl)
- com textura mediana – (At)

Família - Aluviosolos Antigos não Calcários húmicos

- com textura húmica – (Atlu)

Nas zonas mais aplanadas, próximo das margens de rios e afluentes, ocorrem depósitos, do Plistocénico ou Terciário, normalmente de pouca espessura.

A Unidade A, destaca-se entre as restantes unidades, por apresentar um maior domínio na área em estudo, dentro da classe do Aluvissolos “Fluvisols”.

B - Ordem – Solos Litólicos

São solos pouco evoluídos, de perfil AC ou A, Bc, C formados em geral a partir de rochas não calcárias. Quando são argilosos não apresentam em todo o seu perfil as características próprias dos Barros. Correspondem em parte aos “Rankers” dos franceses e a parte dos “Inceptisols” dos americanos e dos “Cambisols” da legenda FAO.

B.1 - Sub Ordem – Solos Litólicos Húmicos

São solos Litólicos com epipédon úmbrico. Correspondem em boa parte aos “Umbrepts” dos americanos e aos “Humic Cambisols” da legenda da FAO.

Família - Normais

- de granitos (Mng)
- de gnaisses ou rochas afins (Mnn)
- de xistos ou grauvaques (Mnx)
- de material arenáceo pouco consolidado (Mnr)

Família - Para Litossolos ou Rankers

- de granito (Qg)
- de gnaisses ou rochas afins (Qn)
- de xistos ou grauvaques (Qx)

As Unidades Mnx e Qx, dentro desta sub ordem, são as mais representativas na área em estudo.

B.2 - Sub Ordem – Solos Litólicos não Húmicos (Dystric Cambisols – FAO. Esta sub-ordem contempla o Grupo dos Solos Litólicos não Húmicos Pouco Insaturados.

Família - Normais

- com materiais arenáceos pouco consolidados (de textura arenosa ou franco arenosa) (Par)
- de grés de Silve ou rochas afins (Vcs)
- de granitos (Pg)
- de gnaisses ou rochas afins (Ppn)

Estas unidades estão pouco representados na área em estudo, com maior destaque para a Ppn.

C - Ordem - Solos Argiluvitados Pouco Insaturados

São solos evoluídos de perfil A, Ba e C, em que o grau de saturação do horizonte B é superior a 35% e que aumenta, ou pelos menos não diminui, com a profundidade e nos horizontes subjacentes. Correspondem aos “Alfisols” da nova classificação americana e aos “Luvisols” da legenda da FAO.

C.1 - Sub Ordem – Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos

São os solos Argiluvitados Pouco Insaturados de cores avermelhadas ou amareladas nos horizontes A ou B, ou em ambos que se desenvolvem em climas com características mediterrânicas

(regime xérico). Correspondem aos “Chromic” ou “Rhodochromic” ou “Ferric Luvisols” da legenda da FAO. Esta sub-ordem contempla o Grupo dos Solos Mediterrâneos Vermelho ou Amarelos não Calcários.

Família - Normais

- de xisto ou Gnaiss (Vnx)
- de Gnaisses ou rochas afins (Vgn)

Família - Húmicos

- de xistos ou grauvaques associados a material coluviado derivado de rochas ferruginosas e quartzitos (Vuxf).

Em relação à composição da flora, a área em estudo é quase na sua totalidade caracterizada por uma forte ocupação florestal, à excepção do maciço granítico da Serra da Freita. A associação vegetal da região, a que pertence a área do estudo, tem sofrido consideráveis mutações, que invariavelmente resultam da intervenção do homem no território. Como consequência da elevada densidade populacional e da elevada taxa de ocupação do solo para fins agrícolas, vão sendo destruídas as associações naturais. A natureza dos terrenos, a exposição das vertentes, o relevo, o abastecimento de água, além de outras condições do solo e clima, determinam que a sua distribuição se faça de modo irregular.

As florestas antigas estão presentes em alguns locais da área de estudo, dominando espécies da família das Fagáceas tais como os carvalhos, as azinheiras e os sobreiros. De igual importância ocorrem as espécies introduzidas e adaptadas para fins agro-florestais ou florestais, tais como o pinheiro bravo (*Pinus pinaster*), o eucalipto do género *Eucalyptus* e as acáceas do género *Acacia* e a oliveira (*Olea europea*).

A exploração florestal domina nas zonas elevadas e a pastorícia tem hoje pouca expressão.

O pinheiro bravo destaca-se entre as resinosas com maior expansão, principalmente a partir da década de 40, onde veio substituir as áreas ocupadas pelas espécies nativas da floresta caducifólia que quase desapareceu com as queimadas e cortes realizados pelas populações. A rápida difusão da espécie com a ocupação de áreas tradicionalmente dedicadas ao pastoreio surge como resultado dos trabalhos efectuados pelos Serviços Florestais do Estado, à qual se juntam as florestações particulares.

A predominância de povoamentos puros, quase sempre de pinheiro, tem vindo a diminuir, assistindo-se mesmo, em manchas de povoamento mistos de pinheiro bravo e eucalipto, a uma alteração da predominância da espécie folhosa em detrimento da espécie resinosa.

A região encontra-se completamente transformada, não existindo uma flora autóctone característica das condições ambientais prevalecentes (temperatura, humidade, acidez e constituição do solo).

As culturas que predominam são as do tipo arvense e resinosas. As resinosas são normalmente o pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton) e o eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Por razões económicas, nos últimos anos, as plantações de eucaliptos têm vindo a progredir muito rapidamente, ocupando áreas cada vez mais extensas. Para além das zonas dedicadas às culturas existem, ainda, alguns matos semi-naturais pouco vastos, e na proximidade das linhas de água observam-se ocasionalmente amieiros e salgueiros.

A flora é de algum modo diversificada e abundante, com características próprias, reflectindo entre outras causas as influências climáticas, as condições do relevo e o tipo de solo. As espécies predominantes destacam-se pelo seu porte elevado.

A vegetação arbustiva e sub-arbustiva são variadas e apresentam uma distribuição que se relaciona com a variação da altitude e com a constituição geológica do terreno. Nos solos xistosos a urze é a espécie característica. Em relação às zonas mais altas, ocorrem espécies como o tojo, a urze e a carqueja adaptadas aos climas temperados marítimos, enquanto que as estevas traduzem a aridez das zonas mais continentais.

2.7 – ENQUADRAMENTO SOCIO-ECONÓMICO

A caracterização geral do enquadramento socio-económico da área em estudo, foi realizada através da compilação de dados, extraídos a partir do Plano Director Municipal dos concelhos de Arouca [PDM-Ar,s/ data] , Vale de Cambra [PDM-VC, s/ data], Oliveira de Azeméis [PDM-OA,1994], Albergaria-a-Velha [PDM-AV, 1995] e Silva Escura [PDM-SE, s/ data], do site do INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA – INE [W₅] e do trabalho desenvolvido por MARQUES (1993). O desenvolvimento socio-económico depende de inúmeros factores que estão directamente ligados às diversas actividades económicas, fundamentais para satisfazer as necessidades da sociedade actual.

Neste contexto, os recursos naturais adquirem uma grande importância e dimensão na sua capacidade de servir as necessidades para o sector produtivo e a exploração para os mais ínfimos objectivos da actual sociedade actual. O desenvolvimento tecnológico (intensificação da actividade industrial e agrícola e da actividade mineira) e o crescimento demográfico mundial (urbanização), nas últimas décadas, trouxe como consequência o aumento dos níveis de contaminantes no ambiente, especialmente no solo e na água existindo, actualmente, grandes extensões de áreas contaminadas por agentes diversos: elementos metálicos, compostos orgânicos, organometálicos e elementos radioactivos, que frequentemente ocorrem em concentrações que representam perigo ambiental, com impactos na vegetação, nos organismos do solo e nas águas superficiais e subterrâneas [ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000].

2.7.1 – Actividade industrial

A indústria, em especial a transformadora, é um dos ramos de actividade económica que maior impacto negativo provoca sobre a qualidade das águas, através da produção de resíduos tóxicos e perigosos. A produção média de resíduos em Portugal está estimada em 662300 toneladas/ano. O sector químico das indústrias transformadoras é o que produz a maior carga poluente seguida dos sectores do papel e pasta de papel, metalurgia de base, têxteis e curtumes, produtos metálicos e ainda das indústrias agro-alimentares [Novo et al., 1995]. A poluição provocada pelas actividades industriais dá-se através dos resíduos sólidos e líquidos (efluentes) e pode ocorrer quer por descargas periódicas quer por descargas acidentais.

O sector industrial é aquele que tem forte tradição na área em estudo. Esta área faz parte da sub-região entre Douro e Vouga que gera cerca de um terço do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da região Norte. Em termos evolutivos, nos últimos anos da década de 90, a industrialização desta sub-região cresceu acima da média regional [AFRICANO, 1998].

A sua localização é privilegiada pela proximidade aos acessos de alguns dos principais eixos rodoviários do país, designadamente, a estrada nacional N1 e IC2, a auto-estrada A1, que liga Porto a Lisboa, o IP5 e a A25, via rápida que liga a cidade de Aveiro à fronteira de Vilar Formoso (Espanha).

As diversas empresas e indústrias que fazem parte da área em estudo, concentram-se predominantemente na bacia hidrográfica do rio Caima, facto que se deve, principalmente, à maior dimensão desta bacia em relação à bacia hidrográfica do rio Mau (Figura 2.1).

Por outro lado, a área em estudo faz parte de 5 importantes concelhos da região conferindo a esta uma elevada densidade demográfica (Tabela 2.3). A existência de recursos naturais (solos, água, vegetação etc.) favorece e estimula cada vez mais novos investimentos na região por parte dos mais diversos tipos de empresas.

Tabela 2.3

Densidade populacional dos concelhos e das freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.

Concelho/ Freguesia	Área total	População Residente	Densidade Populacional
	km ²	Indivíduos	hab/km ²
<i>Bacia hidrográfica do rio Caima</i>			
Arouca (24227 hab.)			
Albergaria das Cabras	11.93	140	11.73
Vale de Cambra (24798 hab.)			
São Pedro de Castelões	21.45	7625	355.48
Cepelos	16.41	1587	96.72
Codal	3.05	1025	335.75
Macieira de Cambra	18.21	4821	264.73
Roge	18.58	1901	102.3
Vila Chã	5.51	4133	750.63
Vila Cova de Perrinho	4.41	459	103.99
Oliveira de Azeméis (70721 hab)			
Carregosa	11.36	1756	312.75
Ossela	21.32	2538	119.04
Palmaz	16.51	2130	128.99
Albergaria-a-Velha (24638 hab.)			
Albergaria-a-Velha	27.44	7421	270.43
Ribeira de Frágoas	26.19	1869	71.37
Valmaior	17.68	2022	114.35
<i>Bacia hidrográfica do rio Mau</i>			
Sever do Vouga (13186 hab.)			
Silva Escura	15.31	1738	113.48
Total	235.35	41165	3151.74
Média			174.90

Fonte: [W₅].

Os vários tipos de indústrias que fazem parte do complexo industrial da região estão distribuídos pelos cinco concelhos em que a área está inserida e que serão aqui abordados de forma individual por concelhos, para melhor caracterização (Tabela 2.4).

No concelho de Arouca, as actividades predominantes são a extracção de rochas e minérios, a serração de madeiras, o fabrico de materiais de construção, a construção civil, a reparação de viaturas e equipamentos, a indústria do calçado e o fabrico de pão e pastelaria.

A freguesia de Albergaria das Cabras, localizada a sul do concelho e a norte da área da bacia hidrográfica, apresenta uma actividade industrial reduzida mantendo ainda as suas características naturais preservadas.

Tabela 2.4

Empresas com sede nos concelhos que se integram nas áreas das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau.

Concelho	EA	IE	IT
Freguesia	N.º		
Bacia hidrográfica do rio Caima			
Arouca	326	16	303
Albergaria da Serra	-	-	-
Vale de Cambra	157	1	347
São Pedro de Castelões	-	-	-
Cepelos	-	-	-
Codal	-	-	-
Macieira de Cambra	-	-	-
Roge	-	-	-
Vila Chã	-	-	-
Vila Cova de Perrinho	-	-	-
Oliveira de Azeméis	299	8	2009
Carregosa	-	-	-
Ossela	-	-	-
Palmaz	-	-	-
Albergaria-a-Velha	263	2	364
Albergaria-a-Velha	-	-	-
Ribeira de Frágoas	-	-	-
Valmaior	-	-	-
Bacia hidrográfica do rio Mau			
Sever do Vouga	272	16	220
Silva Escura	-	-	-

Fonte: [W5] Ficheiros de Unidades Estatísticas (FUE). Dados segundo a CAE-Ver.2, em 2002. EA – Empresas agrícolas (Agricultura, Produção animal, Caça, Silvicultura, Pesca). IE – Indústria Extractiva; IT – Indústria Transformadora.

No concelho de Vale de Cambra está localizado o maior parque industrial da bacia do rio Caima, com destaque para a freguesia de Vila de Chã, por apresentar o maior número de unidades

industriais e um maior volume de caudal de efluentes. A indústria Lacto-Ibérica, S.A, é a que produz o maior volume de caudal entre todas as indústrias presentes na freguesia de Vila de Chã, atingindo um volume de cerca de $700\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$, o que significa, 73% de todo o caudal produzido pelas 94 indústrias instaladas nesta freguesia.

Ao considerarmos para análise o ramo de actividade verifica-se que o sector de fabrico de produtos metálicos e de máquinas e material de transporte é o mais representativo e que este está maioritariamente implantado nas freguesias de Castelões e Vila de Chã. Em segundo plano, destaca-se o sector da indústria da madeira e cortiça, localizado-principalmente nas freguesias de Macieira de Cambra e Vila de Chã. Por último, e com menor representatividade no concelho, mas com importância local, existem os sectores das indústrias têxteis, do vestuário e do couro (curtumes e marroquinaria) e ainda as indústrias de alimentação, bebida e tabaco, representando 13.8% e 12.1% das empresas, respectivamente. É ainda relevante o sector das indústrias da alimentação em Vila de Chã. O sector da indústria de produtos minerais não metálicos, com excepção dos derivados brutos do petróleo e do carvão, é aquele que tem uma menor expressão. O sector das indústrias metalúrgicas de base não se encontra representado no concelho.

Outro importante parque industrial que faz parte da área da bacia do rio Caima está localizado no concelho de Oliveira de Azeméis e possui um total de 35 unidades industriais, distribuídas pelas freguesias de Carregosa, Ossela e Palmaz. A freguesia de Ossela, destaca-se por apresentar o maior número de unidades industriais e uma maior produção de caudal, atingindo um valor de $39.57\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$, o que significa cerca de 38% de todo o caudal produzido pelas freguesias do concelho de Oliveira de Azeméis que integram a bacia do rio Caima. O sector de produção de maior destaque no concelho é o de transformação, seguindo-se com uma menor expressão o sector de extracção.

A porção norte da bacia do rio Caima que está inserida nos concelhos de Vale de Cambra e Oliveira de Azeméis, encontra-se afectada por um índice de poluição extremamente elevado, nomeadamente nos rios Viques e Caima [NUNES et al., 2003], o que possivelmente poderá ter a sua origem nos efluentes industriais devido à forte influência do grande parque industrial instalado nesta zona e que produz um grande volume de efluentes.

Na margem direita do rio Caima, já no concelho de Albergaria-a-Velha, existem três indústrias com importância socio-económica. A primeira, a RECIFEL-Sociedade de Recuperação de

Fibras Celulósicas SA, situada na freguesia da Branca, ocupa as antigas instalações da Fábrica de Celulose do Caima (Figura 2.14).



Figura 2.14

Instalações da actual Indústria RECIFEL e antiga Fábrica de Celulose do Caima.

No sector das indústrias do papel, artes gráficas e edições de publicações, a indústria do papel no distrito de Aveiro, é aproximadamente, um quarto da indústria nacional.

A segunda importante indústria da zona é a PALBIT Minas de Metalurgia (indústria metalúrgica localizada também na freguesia da Branca), que utiliza como matéria-prima carbonatos de pó de tungsténio (90%), entre outros carbonatos em menores proporções (PIRES, PALBIT, comum. pessoal¹). Outra indústria que outrora teve forte contribuição socio-económica no concelho, foi a VAPEL – Fábrica de Papel de Valemaior (indústria de transformação de papel, Lda) localizada na freguesia de Valemaior) e que está desactivada desde 1999 (MEIRELES, comun pessoal²).

A actividade industrial ligada aos recursos minerais metálicos e não metálicos apresenta, actualmente, algum significado económico, nomeadamente, na exploração de saibro e areia, retiradas dos depósitos fluviais e marinhos das areias do Pliocénico e das areias e cascalheiras do

¹ Engenheiro da Empresa Minas de Metalurgia Palhal - PALBIT

² Engenheiro sócio e proprietário da VALPEL.

Terciário, na extracção de argila e quartzito, na exploração das pedreiras de xistos e granito, utilizadas para a produção de brita e alvenaria mas, é considerada a segunda actividade de menor expressão na área em estudo.

Tabela 2.5

Número total de indústrias (N) por concelho e freguesia, que fazem parte das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau e que são geradoras de poluição para o meio hídrico.

Concelho	Freguesia	N	Característica do efluente bruto (situação actual)					
			Nº Trab.	Caudal	CBO ₅	CQO	SST	Conc. CBO ₅
				m ³ dia ⁻¹	kg dia ⁻¹			mg l ⁻¹
VC	São Pedro de Castelões	8	198	175.96	312.11	608.34	222.74	11568.8
	Cepelos	1	3	0.30	0.03	0.15	0.03	100.0
	Codal	4	51	2.47	1.14	2.23	0.74	850.0
	Macieira de Cambra	17	206	18.33	21.71	39.85	6.27	6421.7
	Roge	2	11	1.88	0.77	1.48	0.89	621.7
	Vila Chã	94	3786	952.68	649.32	3657.4	929.73	25228.3
	Vila Cova de Perrinho	3	15	0.95	0.37	0.52	0.26	1300.0
OA	Carregosa	28	594	32.2	13.63	18.28	8.77	8300.0
	Ossela	6	50	39.57	57.30	114.47	45.78	2618.5
	Palmaz	1	9	29.97	60.03	90.0	18.0	2003.0
SV	Silva Escura	7	71	3.53	0.96	1.92	1.17	1143.4
	Pessegueiro do Vouga	5	22	0.57	0.00	1.31	0.01	0.00

VC – Vale de Cambra; OA – Oliveira de Azeméis; SV – Sever do Vouga.

Este tipo de actividade traz sempre associado a preocupação de carácter ambiental, principalmente quando não se tomam as medidas correctas de exploração. A não utilização de equipamentos mecânicos adequados para um melhor rendimento na extracção dos inertes ocasiona, muitas vezes, uma agressão ao meio ambiente, do ponto de vista ecológico, paisagístico e urbanístico. Como consequência observa-se a degradação do coberto vegetal, a deposição de escomboreiras em vertentes potencialmente instáveis, a obstrução de linhas de escoamento por assoreamento e a impermeabilização.

As unidades industriais quando não elaboram um planeamento com vista a associar a melhor forma de produção e preservação dos recursos naturais envolventes, geram uma grande preocupação nas comunidades envolventes, devido aos riscos de contaminação do meio ambiente.

Recentemente, foram apresentados, no trabalho desenvolvido pela HIDROPROJECTO (2005), os valores máximos admissíveis para alguns parâmetros químicos ($SST = 700 \text{ mg l}^{-1}$; $CQO = 1300 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$; $CBO_5 = 500 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$), considerando-se estes como a concentração máxima no efluente recolhido pelos emissários e que dá entrada no tratamento. Algumas das unidades industriais necessitam de efectuar o pré-tratamento dos seus efluentes por apresentarem concentrações acima dos valores estabelecidos [FBO, 2000] e constituírem um risco de contaminação do meio ambiente [SIMRIA, 2002]. Outro facto, diz respeito à inexistência de normas que regulamentem a descarga em colectores municipais, nomeadamente no Decreto-Lei 236/98 de 1 de Agosto, o que origina que cada Câmara Municipal elabore os seus próprios regulamentos, tendo em conta a capacidade do sistema de tratamento existente no concelho [FBO, 2000].

No concelhos de Vale de Cambra, nas freguesias de Macieira de Cambra, São Pedro de Castelões e Vila de Chã, assim como, no concelho de Oliveira de Azeméis, nas freguesias de Ossela e Palmaz, estão localizadas algumas das principais unidades industriais da região com a necessidade de um pré-tratamento de efluentes por produzirem efluentes com concentrações de SST, CQO e CBO_5 , acima dos valores estabelecidos (FBO, 2000).

Tabela 2.6

Principais unidades industriais localizadas na área em estudo que necessitam de pré-tratamento de efluentes.

Concelho	Freguesia	Nome da Indústria
Vale de Cambra	Macieira de Cambra	Adega Cooperativa De Vale de Cambra CRL Policambra Poliésteres de Cambra Lda.
	São Pedro de Castelões	Avibur - Empresa Avícola do Caima Lda. Bastos & Brandão Lda. Martins & Rebelo Indústria Lácteas e Alimentares S. ^a
	Vila Chã	Adolfo Tavares Coutinho a voz de Cambra M Vide & Irmão Polivale - Poliésteres de Vale de Cambra Lda. Soares & Santos Lda. Unagri - União de Cooperativas Agrícolas do Noroeste Português CRL
Oliveira de Azeméis	Ossela Palmaz	Indulac - Indústria Láctea Indústria de Lacticínios Fernando Soares & Irmão

Fonte: FBO (2000).

O número de indústrias pertencente ao concelho de Sever do Vouga, em especial aquelas que estão localizadas na freguesia de Silva Escura (a de maior influência sobre o rio Mau devido a uma maior densidade populacional nesta zona) é muito modesto, assim como o volume de efluentes produzidos.

Ainda na freguesia de Silva Escura encontra-se uma antiga área mineira abandonada, a mina da Malhada, que continua a exercer um impacto químico na zona envolvente devido à presença de escórias abandonadas a céu aberto [NUNES et al., 2003].

Uma pequena porção da área da freguesia de Sever do Vouga também faz parte da área da bacia hidrográfica do rio Mau. No entanto, esta área não contempla zonas industriais, apenas algumas pequenas comunidades espalhadas, pois a grande maioria das unidades industriais estão localizadas próximas do espaço urbano do município de Sever do Vouga e na zona envolvente ao rio Vouga, e por conseguinte, os efluentes tem como destino a Ribeira de Pessegueiro do Vouga. Ainda dentro da área da freguesia de Sever do Vouga, na porção central da bacia do rio Mau, existe uma antiga área mineira abandonada, a Mina do Braçal. Apesar de ter encerrado as suas actividades há várias décadas esta continua a exercer um impacto químico sobre o ambiente envolvente, em especial nos sedimentos de linhas de água, devido à deposição das escórias a céu aberto [NUNES et al., 2003].

Relativo aos concelhos limítrofes, o de Sever do Vouga, é pouco atractivo para a instalação de grandes áreas industriais, devido às condições topográficas pouco favoráveis e às próprias condições de acessibilidade aos principais eixos, ferro e rodoviários. Demonstrativo dessa situação é a existência apenas, de um pequeno pólo industrial em Talhadas e de um outro na Gândara.

2.7.2 – Actividade agrícola e ocupação dos solos

A zona em estudo tem uma grande diversidade de actividades económicas fortemente condicionada pelos recursos naturais existentes, em especial pelo tipo de solo, relevo e clima.

Embora grande parte da população activa desempenhe a sua actividade profissional no sector secundário, a agricultura é uma actividade também praticada pela população local (Tabela 2.7) principalmente nos aglomerados rurais onde as zonas de cultivo são predominantes.

Os terrenos de cultivo estão longe de se distribuírem uniformemente por toda a área das bacias. A natureza dos terrenos, a exposição das vertentes, o abastecimento de água além de outras condições de solo e clima, determinam que a sua distribuição se faça de modo irregular. É evidente que os terrenos incultos vão ocupar de preferência as regiões elevadas, às quais se seguem as zonas de terrenos de charneca.

Tabela 2.7

População agrícola residente e densidade populacional nos concelhos e freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau.

Concelho/ Freguesias	EA N.º	SAU ha	População Agrícola Indivíduos	Densidade Populacional hab/ha
Bacia hidrográfica do rio Caima				
Arouca (5723 hab.)	326			
Albergaria da Serra		314	135	0.42
Vale de Cambra (4684 hab.)	157			
São Pedro de Castelões		215	650	3.02
Cepelos		161	494	3.06
Codal		19	56	2.94
Macieira de Cambra		208	647	3.11
Roge		183	623	3.40
Vila Chã		47	143	3.04
Vila Cova de Perrinho		46	172	3.73
Oliveira de Azeméis (3167 hab.)	299			
Carregosa		149	281	1.88
Ossela		141	358	2.53
Palmaz		49	110	2.24
Albergaria-a-Velha (3374 hab.)	263			
Albergaria-a-Velha		329	211	0.64
Ribeira de Frágoas		37	174	4.70
Valmaior		53	143	2.69
Bacia hidrográfica do rio Mau				
Sever do Vouga (2487 hab.)	272			
Silva Escura		260	112	0.43
Sever do Vouga		41	124	3.02
Pessegueiro do Vouga		9	38	4.22

Fonte: [W5], Dados segundo a CAE-Ver.2. (2002). Ficheiros de Unidades Estatísticas (FUE), 1999. EA – Empresas agrícolas (Agricultura, Produção animal, Caça e Silvicultura, Pesca), com sede nos concelhos; SAU – Superfície agrícola utilizada;

Na região norte da área da bacia hidrográfica do Caima, que abrange os concelhos de Arouca e Vale de Cambra, reside a maior população agrícola de toda a área em estudo, assim como, a maior área superficial de exploração. No entanto, a densidade populacional agrícola nas freguesias de Vale de Cambra, é a das mais elevadas na área em estudo, enquanto que na freguesia de Albergaria das Cabras, no concelho de Arouca, a densidade populacional é a mais baixa. Desta forma, constata-se que o concelho de Vale de Cambra apresenta uma actividade agrícola com áreas de exploração bem menores e um maior potencial de mão-de-obra.

A principal actividade agrícola desta região é a produção de cereais que ocupa 62% do total da área agrícola, destacando-se a produção de milho. A produção de milho está directamente ligada

à pecuária na criação de gado e na sua conversão em leite e carne. A vinha é considerada a maior produção vegetal, seguida da batata, dos prados e por fim dos pomares.

A zona serrana do concelho de Arouca é considerada como “Zona de Montanha” de acordo com a Directiva 86/467/CE, pelo que todas as suas freguesias se inserem na denominação comunitária “desfavorecida”. Os solos são pobres e delgados e as zonas são pouco povoadas (em alguns casos quase desertificadas). Nestas zonas os cereais de sequeiro, o centeio e pastagem para ovinos e caprinos têm grande representatividade. Nas áreas incultas de encosta e meia encosta a floresta e os espaços agro-florestais, assume particular relevância. Nos vales, zonas mais férteis e mais densamente povoadas, predomina a paisagem agrícola em que se destaca a produção de cereais, em particular o milho, a pecuária de bovinos e a vinha dispersa em ramadas ao longo das bordaduras dos campos.

No concelho de Oliveira de Azeméis, verifica-se que os solos apresentam uma fertilidade razoável e são aptos para a agricultura. No total dos 16.391ha do concelho, as potencialidades dos solos estão classificadas, em cerca de 3792ha com capacidade de uso agrícola “*Classe A*”, 1001ha com capacidade de uso agrícola condicionada “*Classe C*” (socalcos armados em declives superiores a 8%), 11269ha com capacidade de uso não agrícola “*Classe F*” (florestal), isto é, cerca de 69% do território do concelho classifica-se de solos com aptidão florestal e o restante 279ha ocorre uma associação entre as “*Classes A, C e F*”.

As freguesias de Carregosa, Ossela e Palmaz que compõem parte da bacia hidrográfica do rio Caima, apresentam uma área de superfície agrícola utilizada razoável e uma densidade populacional inferior à maioria das freguesias que fazem parte a área em estudo.

Como consequência da existência de algumas empresas de produção de pasta de papel na região, a produção florestal tem-se intensificado nos últimos anos. A potencialidade dos solos na área em estudo é muito propícia a esta actividade – 41.1% dos solos apresenta excelentes condições para a produção florestal, enquanto que apenas 20.6% dos solos oferecem condições propícias para a prática da agricultura. É nas freguesias de Ribeira de Fráguas e Valmaior que a produção florestal detém maior importância, enquanto que a agricultura é mais relevante nas freguesias do Vale do Vouga, onde se localizam os solos com maior aptidão agrícola. O subsector animal contribui com 42.2% para o total do produto agrícola bruto, sendo o leite responsável por cerca de 25% dentro desse subsector. No entanto, o subsector vegetal e o subsector florestal dão

também um significativo contributo para a formação do produto agrícola bruto, com 31.4% e 24.4% respectivamente.

Dentro do subsector animal, tem um forte contributo o leite e a carne bovina e a carne de galinha, representando esta última cerca de 40.4% do total do Produto Agrícola Bruto (PAB) deste subsector. Este aspecto está relacionado com a crescente expansão da avicultura no concelho.

No que diz respeito ao subsector vegetal, destaca-se a produção de milho (produção fortemente associada à produção pecuária), a produção de batata, as culturas hortícolas, apresentando também alguma representatividade as frutas e o vinho.

Finalmente, em relação ao subsector florestal, é de referir que a produção de eucaliptos representa mais de metade deste subsector (57.1%), seguida da produção de pinheiro que representa 24.4%. O concelho de Albergaria-a-Velha é, como já anteriormente foi referido, um dos concelhos com maior taxa de arborização de toda a sub-região do Baixo Vouga, sendo esta taxa de 60.6% no concelho e de 46.9% na sub-região.

O concelho de Sever do Vouga em relação aos concelhos limítrofes é pobre em solo com aptidão para a agricultura. No total dos 12.985ha do concelho só 9% tem interesse agrícola (Classes de solo A, B, e C). Os restantes 91% ou são estéreis ou só podem ser actualmente utilizados para floresta. Actualmente 24% das terras tem uso agrícola, 57% tem uso florestal e 13% outros usos.

A exploração agrícola predominante no concelho de Sever do Vouga, é caracterizada por uma dimensão bastante, com elevada fragmentação. As explorações agrícolas do concelho têm uma dimensão média de cerca de 2ha de exploração, consideradas de pequenas propriedades. Silva Escura, Sever do Vouga e Pessegueiro do Vouga, freguesias que fazem parte da área da bacia do rio Mau, apresentam uma dimensão média da área explorável de cerca de 1.7, 3.1 e 1.8ha, respectivamente e uma elevada densidade populacional, principalmente nas freguesias de Sever do Vouga e Pessegueiro do Vouga.

Como já foi referido a agricultura é uma actividade de grande importância no desenvolvimento desta região. Esta actividade tem evoluído muito rapidamente com a introdução de novas tecnologias com vista ao aumento da produtividade para suprir a crescente demanda das populações. Neste contexto e considerando que os solos portugueses apresentam uma baixa taxa de fertilidade e consequentemente uma baixa produtividade [ANUÁRIO DO AMBIENTE, 1997], desenvolveu-se a prática de actividade agrícola intensiva, suportada por aplicações de grandes

quantidades de fertilizantes e produtos fitofarmacêuticos (fungicidas, herbicidas, insecticidas etc...) e em determinados casos a aplicação de lamas de forma inadequada e sem o conhecimento dos componentes químicos, o que acaba por causar riscos de contaminação ambiental (Ladeira, MADRP, comum. pessoal), ao contrário de quando se tem conhecimentos básicos do produto, das técnicas de manuseamento, aplicação, efeito residual, etc [DOMINGUES et al., 2002].

Os contaminantes agrícolas mais importantes são os fosfatos, os nitratos e ainda os metais como Cd, Cu, Pb, As, Zn e F presentes em diferentes produtos químicos utilizados na actividade agrícola. Na Tabela 2.8 estão apresentados alguns valores relativos às concentrações em Pb, Cd, Zn, Mn, Co, Ni e Cr [MOLNÁR et al., 1995 in MORENO, 2000].

Tabela 2.8

Concentrações (mg kg⁻¹ relativas ao peso seco) de Pb, Cd, Zn, Mn, Co, Ni e Cr presentes em vários produtos químicos utilizados na agricultura.

Metal	Lamas	Fertilizantes fosfatados	Cal	Fertilizantes azotados	Adubos orgânicos
Pb	50-3000	7-225	20-1250	2-27	6.6-15
Cd	2-1500	0.1-140	0.04-0.1	0.05-8.5	0.3-0.8
Zn	700-49000	50-1450	10-450	1.0-42	15-250
Mn	60-3900	40-2000	40-1200	-	30-550
Co	2-260	1-12	0.40-3	5.40-12	0.3-24
Ni	16-5300	7-38	10-20	7-34	7.7-30
Cr	20-40600	66-245	10-15	3.2-19	6.2-55

2.7.3 – Actividades domésticas

As áreas das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau, no conjunto incluem 17 sedes de freguesias e 5 sedes de concelho, totalizando 45799 indivíduos e uma densidade populacional média de 174,22 habitantes por km² (Tabela 2.9).

A área da bacia hidrográfica do rio Caima destaca-se por apresentar um maior número de indivíduos e uma maior densidade populacional, evidenciada nas freguesias de São Pedro de Castelões, Codal e Carregosa com valores superiores a 300 habitantes por km² e Vila de Chã com valor acima de 700 habitantes por km² (Tabela 2.9).

A poluição doméstica é uma importante fonte de contaminação dos meios hídricos decorrente das descargas de efluentes líquidos não tratados ou com tratamento deficiente e pela rejeição de resíduos sólidos em lixeiras a céu aberto ou em aterros sanitários mal dimensionados, o

que pode permitir o escoamento dos produtos resultantes da degradação desses materiais para os cursos de água ou a sua infiltração até aos reservatórios de água subterrânea [Novo et al., 1995]. Dado o carácter poluente destes resíduos, normalmente associados à presença de elementos metálicos, e à sua utilização frequente na agricultura é necessário conhecer em pormenor as suas características agrónomicas de modo a evitar a transferência de Poluentes [MATOS et al., 2002].

Tabela 2.9

Densidade populacional dos concelhos e população residente nas freguesias abrangidas pelas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.

Concelho/ Freguesia	Área total km ²	População Residente Indivíduos	Densidade Populacional Hab./km ²
Bacia hidrográfica do rio Caima			
Arouca (24227 hab.)			
Albergaria das Cabras	11.93	140	11.73
Vale de Cambra (24798 hab.)			
São Pedro de Castelões	21.45	7625	355.48
Cepelos	16.41	1587	96.72
Codal	3.05	1025	335.75
Macieira de Cambra	18.21	4821	264.73
Roge	18.58	1901	102.3
Vila Chã	5.51	4133	750.63
Vila Cova de Perrinho	4.41	459	103.99
Oliveira de Azeméis (70721 hab)			
Carregosa	11.36	1756	312.75
Ossela	21.32	2538	119.04
Palmaz	16.51	2130	128.99
Albergaria-a-Velha (24638 hab.)			
Albergaria-a-Velha	27.44	7421	270.43
Ribeira de Frágoas	26.19	1869	71.37
Valmaior	17.68	2022	114.35
Bacia hidrográfica do rio Mau			
Sever do Vouga (13186 hab.)			
Silva Escura	15.31	1738	113.48
Sever do Vouga	11.65	2728	234.10
Pessegueiro do Vouga	15.86	1906	120.21
Total	262.87	45799	3506.05
Média			174.22

Fonte: [W5].

Os impactos ambientais ocasionados pelos resíduos urbanos e agrícolas, assinalados visivelmente pela presença de lixo ao longo das linhas de água, principalmente no que confere ao rio Caima, deve-se à presença de um maior aglomerado populacional nas proximidades das margens do rio. Contrariamente, o rio Mau é caracterizado pela ausência de lixo e por uma taxa de

ocupação humana relativamente baixa, devido à existência de margens íngremes que dificultam mais o acesso.

A existência e o funcionamento adequados de uma infra-estrutura de saneamento básico são de fundamental importância para a qualidade de vida dos seres humanos assim como para o equilíbrio ecológico do habitat de áreas envolventes.

Tabela 2.10

Drenagem e tratamento de águas residuais, por concelhos, das bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.

Concelhos	Drenagem				Tratamento	
	Caudais Efluentes Produzidos				Caudal Tratado	PSETÁR
	Total	Origem		PSSDAR		
		Residencial e Serviços	Industrial			
	1000 m³			%	1000 m³	%
Portugal						
	530465	439957	90508	72.5	388782	57
Bacia hidrográfica do rio Caima						
Arouca	169	169	-	25.0	169	25.0
Albergaria da Serra						
Vale de Cambra	1055	897	158	48.0	1055	48.0
São Pedro de Castelões						
Cepelos						
Codal						
Macieira de Cambra						
Roge						
Vila Chã						
Vila Cova de Perrinho						
Oliveira de Azeméis	1200	1200	-	34.0	957	21.5
Carregosa						
Ossela						
Palmaz						
Albergaria-a-Velha	487	412	75	40.0	487	40.0
Albergaria-a-Velha						
Ribeira de Frágoas						
Valmaior						
Bacia hidrográfica do rio Mau						
Sever do Vouga	118	118	-	38.0	118	38.0
Silva Escura						

Fonte: [W5]

NOTA: PSSDAR – População Servida com Sistema de Drenagem de Água Residuais; PSETAR – População Servida com Estações de Tratamento de Águas Residuais.

O sistema de drenagem de esgotos urbanos nos concelhos incluídos na bacias do rio Caima e Mau, serve uma população inferior a 50% (Tabela 2.10), uma situação que pode representar graves problemas ambientais e de saúde pública, principalmente no concelho de Arouca, que apresenta apenas 25% da população a usufruir do tratamento de esgoto.

Diante deste facto, é pertinente deduzir que existem muitas comunidades que despejam os esgotos directamente para as linhas de águas, valas ou terrenos a céu aberto (Figura 2.15), assim como outras comunidades que sofrem de vários problemas desagradáveis de drenagem efectiva das águas residuais, com constantes entupimentos ou inundações provocadas pelo excesso de águas pluviais. São ainda frequentes os casos de habitações com fossas sépticas nem sempre em boas condições [PDM-AO: PLANO DIRECTOR MUNICIPAL DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS, 1994], desconhecendo-se o seu número exacto, principalmente nas povoações dos concelhos de Oliveira de Azeméis e Vale de Cambra. Este facto resulta da existência de aglomerados dispersos, distantes ou isolados da área de influência dos sistemas de saneamento, cuja ligação não é técnica e economicamente viável [FBO, 2000].



Figura 2.15

Despejo de resíduos líquidos urbanos da localidade de Barbeito (Oliveira de Azeméis) a 10m das margens do rio Caima.

Para tentar minimizar parte dos problemas de saneamento básico das regiões que tem influência sobre a Ria de Aveiro, foi desenvolvido o projecto "*Plano Operacional de Abastecimento*

de *Água e Saneamento de Águas Residuais (2000-2006)*”, estabelecido em Janeiro de 2000 pelo Ministério do Ambiente (SIMRIA, 2002), que tem como um dos principais objectivos a ampliação dos sistemas de drenagem e tratamento de águas residuais, a Norte, a Este e a Sul, abrangendo importantes sub-bacias hidrográficas do Rio Vouga, entre elas, a do rio Caima.

Tabela 2.11

Caudais industriais do Aterro Sanitário de Ossela e da Zona Industrial do Rossio.

Contribuição	Concelho	Freguesia	CIMA* (m ³ dia ⁻¹)
Aterro Sanitário	Oliveira de Azeméis	Ossela	864
Z. I. Do Rossio ¹	Vale de Cambra	Vila Cova de Perrinho	840

* Caudal industrial médio anual. Fonte: SIMRIA, 2002

Na tabela 2.11, apresentam-se importantes informações relativas aos caudais do Aterro Sanitário em Oliveira de Azeméis, cujos líquidos lixivantes drenam actualmente para o Emissário de Lixiviados até à ETAR de Ossela e a futura Zona Industrial do Rossio em Vale de Cambra, cujos efluentes ligarão ao Emissário de Vila Cova de Perrinho. A população equivalente da contribuição do aterro é de 3700 hab-eq, com um caudal de ponta de cerca de 15ls⁻¹.

As estações de tratamento de águas residuais (ETAR), recebem os efluentes domésticos, industriais e ainda os fluxos intermitentes do escoamento de redes viárias e de áreas urbanas em época de chuvas que visam minimizar os problemas de contaminação das águas que serão posteriormente descarregados nos rios. Neste contexto, é fundamental que exista uma boa condição de funcionamento dos sistemas e que a grande maioria da população seja servida do sistema.

A figura 2.16, apresenta a localização das ETAR's que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Caima, enquanto a tabela 2.12, ilustra a evolução das condições de funcionamento das ETAR's nos últimos anos.

De acordo com os estudo apresentado em FBO (2000), no Concelho de Arouca, os sistemas das ETAR's compactas de Mizarela e Albergaria da Serra, situadas na freguesia de Albergaria da Serra, possuem tratamento de grau secundário, por sistema de lamas activas, para tratar os efluentes domésticos daqueles lugares e com destino final da fase líquida para o rio Caima.

¹ De acordo com o estipulado no "Projecto de Execução dos Interceptores Norte, Sul e Vouga, Volume G1 – Dados de Base", elaborado para a SIMRIA em 1999, pelo consórcio Engidro/Drena/FBO/Prossistemas, considerou-se um caudal unitário de água residuais de 30 m³/dia/há de área de implantação de parque industrial, do que resulta uma contribuição industrial média de 840 m³ dia⁻¹ (SIMRIA, 2002).

A população servida é de aproximadamente 30 e 50 habitantes-equivalentes (hab. eq.), respectivamente para Mizarela e Albergaria da Serra [TAVARES, CMA, comum. pessoal¹].

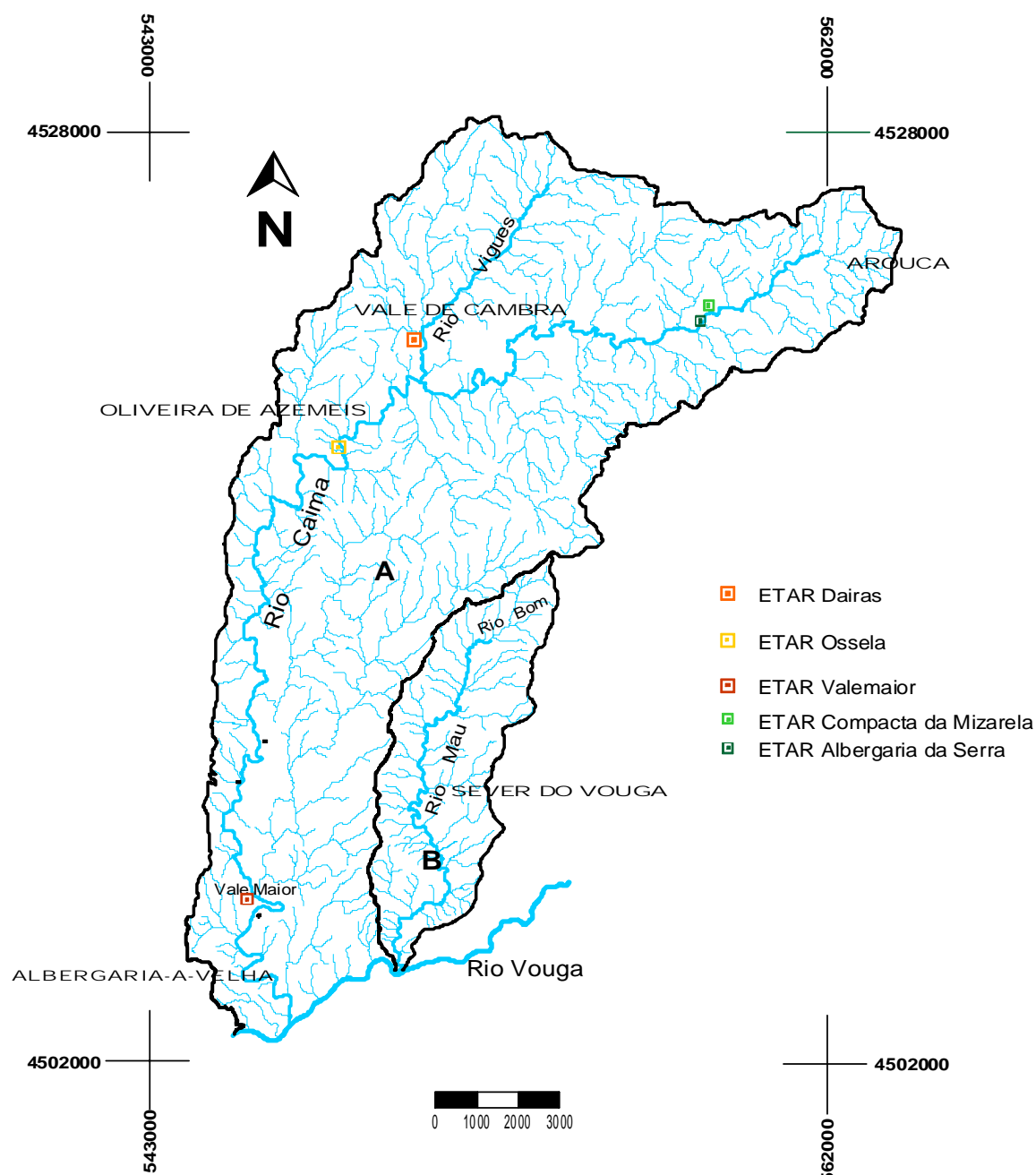


Figura 2.16

Localização das ETARs nas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau.

¹ Engenheira da Câmara Municipal de Arouca.

No que diz respeito ao Concelho de Vale de Cambra, os sistemas de drenagem eram destinados à ETAR de Dairas, em Vila de Chã, em funcionamento desde 1988 e que foi encerrado em meados de 2001 [SILVA, comum. pessoal¹].

Tabela 2.12

Comparação do grau de eficiências das ETARs em 1997 e 2002.

Concelho	ETARs (condição de funcionamento)	
	VIEIRA, (1997) ¹	SIMRIA, (2002) e Câmaras Municipais ¹
Arouca	Eficiente e menos de 75% de tratamento de esgoto	Eficiente com 100% da população servida ²
Vale de Cambra	Deficiente	Razoável com 80% da população servida ³
Oliveira de Azeméis	Sem ETAR e menos de 25% de tratamento de esgoto	Razoável com 30% da população servida ³
Albergaria-a-Velha	Deficiente	Eficiente com 28% da população servida ⁴
Sever do Vouga	-	Deficiente ⁵

1 – Fontes; 2 - ETAR compacta da Frecha da Mizarela e ETAR da Albergaria da Serra. Foram implantadas no ano de 2001 (comunicação pessoal Sra. Eng.^a Glória Tavares da Câmara Municipal de Arouca); 3 – ETAR de Ossela. 4 – ETAR de Valmaior. Serve parte da população de Valmaior e futuramente à Ribeira de Frágoas. Foi implantada no ano de 2003 (comunicação pessoal Sr. Eng.^o Paulo Elísio da Câmara de Albergaria-a-Velha). 5 – Não existe ETAR. Relativo somente a Freguesia de Silva Escura.

Esta ETAR foi dimensionada para tratamento de efluentes domésticos e industriais. Os efluentes, com tratamento de grau secundário e do tipo gradagem, desarenação, decantação primária, lamas activas, decantação secundária e digestão anaeróbia, tinham como destino final da fase líquida o rio Viges, afluente da margem direita do rio Caima e como destino final da fase sólida a sua utilização nos campos agrícolas. A população servida era de aproximadamente 5000 hab. eq., e um caudal médio da ordem dos 420m³ dia⁻¹. Esta ETAR foi desactivada devido à implantação da nova ETAR de Ossela, na freguesia de Ossela, no concelho de Oliveira de Azeméis. A ETAR de Ossela é a mais importante da região norte da bacia do Caima e está dimensionada para tratamento de efluentes domésticos e industriais (incluindo lixiviados do aterro intermunicipal). Os efluentes têm tratamento de grau secundário, do tipo gradagem, desarenação, decantação primária, arejamento convencional, decantação secundária, espessamento e desidratação mecânica. Os efluentes tratados tem como destino final da fase líquida o rio Caima, enquanto a fase sólida destina-se em 80% à agricultura e o restante eram depositados no aterro de Aveiro [SILVA, comum. pessoal]. As populações que serão servidas pelo sistema Ossela, compreendem a freguesia de Ossela e Carregosa das freguesias de Cepelos, Codal, Macieira de Cambra, Roge, S. Pedro de Castelões, Vila Chã e Vila Cova de Perrinho no concelho de Vale de Cambra, num total de 53549 hab. eq. em

¹ Engenheira da Associação de Municípios de Terra Santa Maria, em Oliveira de Azeméis)

2010, onde a parcela de origem industrial representa 45% da população total a servir por este subsistema. Os caudais médios diários e de ponta foram previstos para a 1ª fase de construção da ETAR (até 2003) de, respectivamente, $4.391\text{ m}^3\text{ dia}^{-1}$ (143.11 s^{-1}). Esta ETAR, com um horizonte de projecto de 20 anos, servirá uma população equivalente de 57.380 habitantes e o caudal médio diário a tratar será de cerca de $7916\text{ m}^3\text{ dia}^{-1}$.

A ETAR de Ossela, funciona como meio receptor das águas residuais tratadas, pelo que, o rio Caima afluente do rio Vouga, apresenta condições para atingir os objectivos de qualidade estabelecidos no Quadro nº1 (*Requisitos para as descargas das estações de tratamento de águas residuais urbanas sujeitas ao disposto nos artigos 5º e 6º*) Anexo I constante do Decreto-Lei nº 152/97, de 19 de Junho. A eficiência do funcionamento desta ETAR, tem sido prejudicada pelos efluentes provenientes das indústrias da região, em especial das fábricas de tintas, indústrias de queijo e iogurte e matadouros, que não fazem um pré-tratamento antes das descargas residuais, nos colectores municipais [Silva, comum. pessoal¹].

Na porção sul da bacia do rio Caima, que ocupa uma parte da área do concelho de Albergaria-a-Velha, somente a partir do ano de 2003 é que foi instalada uma ETAR, na freguesia de Valemaior, para servir a população desta freguesia e da freguesia de Ribeira de Fráguas. Anteriormente a este período esta zona não possuía quaisquer sistemas de saneamento que permitissem um tratamento adequado dos efluentes industriais e domésticos, o que por sua vez, originava sérios problemas ambientais. Actualmente a ETAR de Valemaior, está a servir aproximadamente 1100 hab. eq. (28% da população) da freguesia de Valemaior, enquanto que a população da freguesia de Ribeira de Fráguas, ainda não se encontra servida por este sistema devido às obras ainda não terem sido concluídas. Esta ETAR foi dimensionada para o tratamento de efluentes domésticos e industriais. Os efluentes, com tratamento de grau secundário e do tipo lama activa e digestão anaeróbia, têm com destino final da fase líquida o rio Caima, e o destino final da fase sólida a utilização na agricultura (Elísio, CMAV, comum. pessoal¹).

Uma das mais importantes indústrias do concelho, a PALBIT, tem seu próprio tratamento de resíduos domésticos (ETAR biológica), com vista a atender uma população de cerca de 170 trabalhadores e tratamento de resíduos industriais (circuito fechado, decantação de lamas). Este tratamento favorece a maior preservação das condições do meio ambiente envolvente, já que, é uma zona ainda sem um sistema de saneamento e que produz um volume considerável de lamas (3

¹ Engenheiro da Câmara de Albergaria-a-Velha.

a 4 ton. ano⁻¹), que tem como destino para tratamento a região norte de Espanha [PAULO ELÍSIO¹; PIRES², PALBIT, comum. Pessoal].

No concelho de Sever do Vouga, nas freguesias de Silva Escura e Pessegueiro do Vouga, em que parte da área da bacia do rio Mau está inserida, a população urbana e rural não está servida de um sistema de saneamento (ETAR). As redes de saneamento básico são deficientes já que existem numerosas fossas sépticas individuais e colectivas. A limpeza das fossas é realizada por solicitação da população quando necessário. A recolha de resíduos sólidos têm uma frequência semanal, mas é muito deficiente por ser realizado por um único veículo muito antigo e já precário. O destino dos resíduos e das lamas são o aterro de Aveiro. Não há conhecimento da possível aplicação de lamas na agricultura por parte da população, procedimento desaconselhável, devido ao facto de ser um material com características desconhecidas e que poderia ser um risco de contaminação do solo [CRISTINA, comum. pessoal³]. Já existe um projecto de saneamento a ser implementado para a zona urbana da freguesia de Silva Escura, mas sem previsão de início e conclusão.

² Engenheiro da PALBIT

³ Engenheira do Ambiente, Câmara Municipal de Sever do Vouga



CAPÍTULO 3

MÉTODOS E TÉCNICAS DE ANÁLISE

Neste capítulo serão descritos os procedimentos de amostragem e os métodos analíticos utilizados neste estudo.

Este trabalho, levado a cabo nas bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau, incluiu a utilização de diversos meios amostrais designadamente, sedimentos de linhas de água, escombreliras, águas superficiais, plantas superiores com o solo-substrato e algas microscópicas, nomeadamente diatomáceas epilíticas (Classe *Bacillariophyceae*), com o intuito de caracterizar a área ao nível da contaminação e/ou poluição. O objectivo deste estudo integrado dos diferentes componentes da natureza é poder reflectir de forma mais realista o estado ambiental.

3.1 – Amostragem

3.1.1 – Material de escombrelira

Os trabalhos de exploração mineira, sejam eles executados a céu aberto ou subterraneamente, produzem resíduos que na sua maioria originam as escombreliras, em quantidades e tipologia que variam de acordo com as características geológicas do jazigo e com a tecnologia usada e que, em última análise suscitam o problema da sua deposição em condições de estabilidade adequadas, segurança e integração paisagística [ITGE, 1989; COSTA, 1988; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a, b, c].

Na sua maioria, os resíduos não recebem nem receberam o tratamento adequado de modo a impedir a contaminação do ambiente circundante. Por outro lado, estes materiais deveriam ser sujeitos a uma triagem que permitisse classificar os resíduos em categorias com vista à sua reutilização em função da tecnologia disponível.

O material residual que constitui as escombreliras, apresenta uma grande heterogeneidade de elementos químicos, que embora estejam associados ao jazigo, não fazem parte do minério explorado, sendo estes muitas vezes, “*solos*” de cobertura, de preenchimento de cavidades ou de alterações de rochas intercaladas no jazigo, ou “*rochas*” de cobertura, encaixantes ou da ganga, ou “*detritos*” resultantes dos diagramas de tratamento, que apresentam geralmente um material mais fino em relação aos anteriores [ITGE, 1989; COSTE, 1992; JOHNSON, 1997].

A exploração mineira é causadora de problemas ambientais, quer durante as fases de actividade, quer após a sua cessação e abandono. A existência de escombreliras é um dos principais factores geradores desses impactos negativos.

Tendo em consideração este problema foi proposto, no presente trabalho, a realização de um estudo pormenorizado do material de escombreyas de duas importantes áreas mineiras (mina do Palhal, mina do Coval da Mó) com forte risco de contaminação do meio ambiente envolvente [NUNES, 2003; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a, b, c].

A colheita do material das escombreyas visou determinar os teores de elementos vestigiais. Para isso, foram recolhidas amostras de aproximadamente 0.20 em 0.20m, (cerca de 1kg) sendo estas retiradas directamente com uma pá e acondicionadas em sacos plásticos, identificados com a seguinte nomenclatura: letras maiúsculas representam a abreviatura do nome da mina (mina do Coval da Mó - MCM e mina do Palhal - MP) seguido de um número para diferenciar os locais de colheitas nas escombreyas (1, 2, 3) e um segundo número em posição inferior à linha, (ex: MCM1₂ – Mina Coval da Mó, escombreyas 1, 2ª camada do perfil) de acordo com a sequência da amostragem (Tabela 3.1).

Tabela 3.1

Designação dos locais de amostragem de escombreyas.

	Perfil		Cor (Mansell)		Escorrências
Local	Camada	Profundidade (m)	Camada	Mosqueados	
Mina Coval da Mó					
1	MCM1 ₁	0.20			MCM1 ₃
	MCM1 ₂	0.40	10YR 6/8 – 5/8	Manchas (Cor N 5/)	
2	MCM2 ₄	0.20			MCM2 ₉
	MCM2 ₅	0.40	10YR 6/8 - 5/8	N 6/; N 5/	
	MCM2 ₆	0.60	10YR 6/8 – 5/8	MCM2 ₁₃ (Cor N 5/)	
	MCM2 ₇	0.80			
	MCM2 ₈	1.00	10YR 6/8 – 5/8		
3	MCM3 ₁₄	0.20			MCM3 ₁₀
	MCM3 ₁₅	0.40	N 5/	Granulometria muito fina	
	MCM3 ₁₆	0.60	10YR 6/8 – 5/8	N 5/; N 4/	
	MCM3 ₁₇	0.80	5Y 5/2 – 5/3		
Mina do Palhal					
1	MP1 ₁₄	0.20	5Y 7/3 – 6/3	N 3/; 7,5Y 4/6	
	MP1 ₁₅	0.40	5Y 8/2 – 8/3		
	MP1 ₁₆	0.60	5Y 8/2 – 8/3	7,5YR 5/8; N 4/; 5Y 8/6 – 8/7	
	MP1 ₁₇	0.80	5Y 5/2 – 5/3		
2	MP2 ₁	0.20	10Y 8/ a 10Y 7/		
	MP2 ₂	0.40	10Y 8/ a GY 8/5	N 4/; N 3/	
	MP2 ₃	0.60	10Y 8/	N 7/; 10YR 8/8	



Figura 3.1

Ortofotomapa mostrando as antigas instalações da mina do Palhal nas margens do rio Caima. Fonte: [W₁₈].

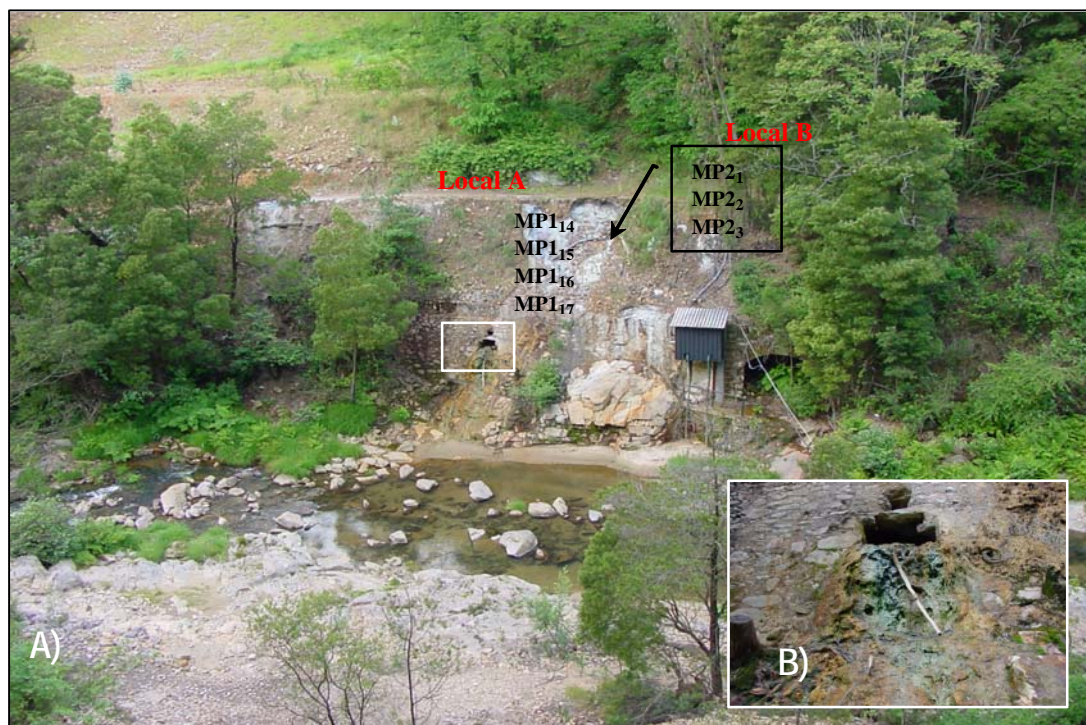


Figura 3.2

Mina do Palhal. A) Aspecto da paisagem e pontos de amostragem do material de escombreiras nas proximidades da linha de água do rio Caima. B) Detalhe de uma galeria de drenagem.

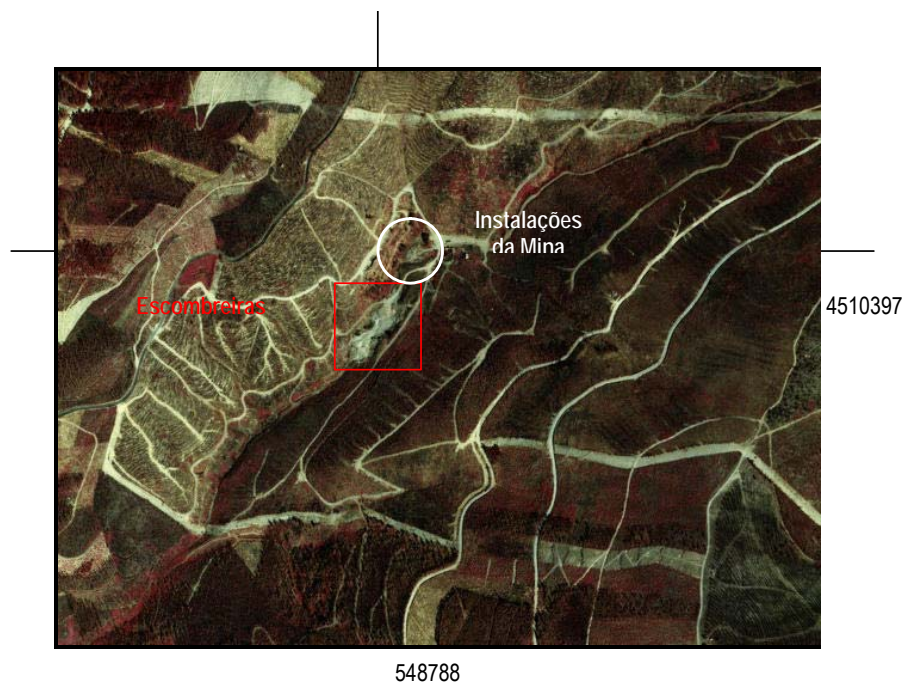


Figura 3.3

Ortofotomapa da área da Mina Coval da Mó, com indicação da localização das escombrelas. Fonte: [W₁₈].

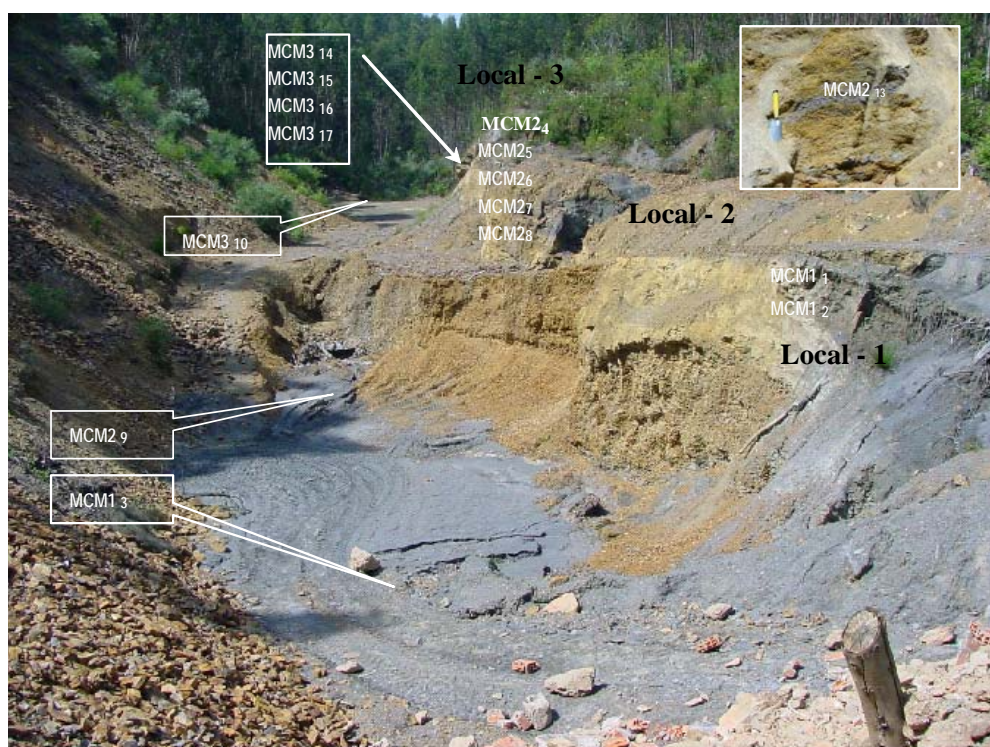


Figura 3.4

Mina do Coval da Mó. Aspecto da paisagem e esquema de amostragem do material de escombreira.

Foram realizadas colheitas em diferentes zonas na mina do Palhal (2 locais) e na mina do Coval da Mó (6 locais). Os pontos onde este material foi colhido estão assinalados na Tabela 3.1. e ilustrado nas figuras 3.1.a 3.4.

3.1.2 – Sedimentos de linhas de água

O estudo dos sedimentos de linhas de água é importante na avaliação da qualidade do ambiente aquático, já que reflecte a natureza geoquímica da geologia local e dos respectivos tipos de solo. O transporte de metais pesados nas linhas de água é feito essencialmente nos sedimentos que actuam como reservatório temporário desses elementos.

Levando-se em consideração que a contaminação por metais devido a fontes antropogénicas se sobrepõe frequentemente às composições de fundo, os resultados da amostragem de sedimentos de linhas de água devem indicar o actual grau de contaminação destes sistemas [SWENNEN & VAN DER SLUYS, 1998]. São várias as razões pelas quais este meio amostral se revela um importante elemento de estudo:

- a) Colheita simples que não requer meios humanos especializados;
- b) A sua utilização como meio de amostragem está muito difundida;
- c) Meio amostral mais utilizado nos dias de hoje;
- d) Boa correlação entre a sua composição e a do substrato rochoso;
- e) Boa representatividade da bacia de drenagem, mesmo com amostras pequenas e em pequeno número.

A experiência mostra que os dados geoquímicos relativos a sedimentos de linhas de água podem ser usados para fazer a cartografia no nosso país, para um grande número de elementos químicos com diferentes comportamentos geoquímicos [ex.: FERREIRA, 1993]. No entanto, também há algumas desvantagens na utilização deste meio de amostragem:

- a) Podem existir locais de difícil acesso para efectuar a recolha;
- b) A rede de drenagem pode ser irregular ou mesmo inexistente;
- c) Os sedimentos podem representar só certas áreas de erosão ou representar apenas sedimentos argilosos da bacia;
- d) Os sedimentos são facilmente contamináveis em áreas com influência urbana;
- e) As fracções finas normalmente utilizadas podem ser difíceis de encontrar;

- f) A presença de material orgânico e de óxidos e hidróxidos de ferro precipitados podem afectar a adsorção dos metais.

Na área de trabalho, com cerca de 226.7km², colheram-se 414 amostras de sedimento de linhas de água (Figura 3.5), com uma densidade média de amostragem de 1.8 amostras/km².

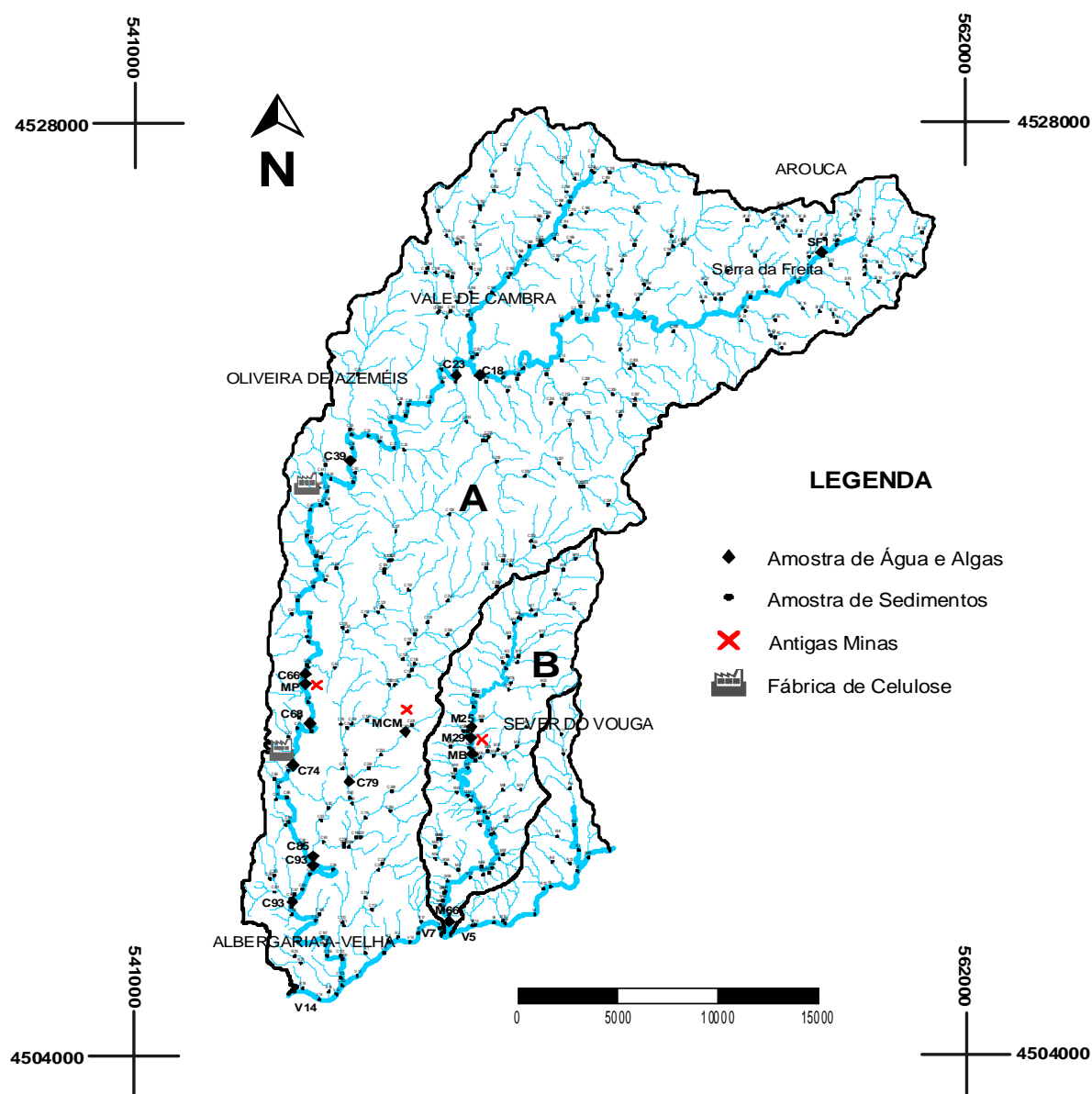


Figura 3.5

Mapa de localização dos locais de amostragem de sedimentos de linhas de água, águas superficiais e algas nas bacias hidrográficas dos rios Caima (A) e Mau (B).

Nos locais com relevo topográfico desfavorável e densa vegetação, a recolha e a distância entre as estações de amostragem ficaram condicionadas aos locais de fácil acesso, procurando-se,

sempre que possível, obter amostras representativas da zona de influência das diferentes linhas de água.

A realização da campanha de amostragem, teve como objectivo efectuar um reconhecimento à escala da bacia, que permitisse visualizar os padrões regionais de distribuição dos elementos químicos seleccionados e identificar potenciais áreas de risco com base no grau de contaminação e/ou poluição detectado nas amostras.

Foram previamente preparados e numerados sacos de plástico para cada local de amostragem com capacidade aproximada de 2kg prevendo-se, sobretudo, a grande variação das características do sedimento quanto à granulometria, de local para local e sabendo-se à partida que a quantidade de material colhido deveria ser tal que permitisse obter pelo menos 100g de material fino. As cartas topográficas auxiliaram na selecção e identificação dos locais de colheita. Os sacos plásticos eram identificados, por ordem numérica e acompanhados da letra inicial dos rios correspondentes (Caima, Mau e Vouga). Cada ponto de amostragem foi assinalado e numerado na respectiva carta topográfica após a definição de cada local de colheita e da recolha dos sedimentos.

Com o auxílio de uma pequena pá colheram-se amostras que geralmente tinham um peso aproximado de 2kg, a uma profundidade variável, entre 5cm e 10cm, dependendo das condições do material e da natureza do leito.

Os sedimentos sobre a superfície das pedras que se encontravam dentro do leito do rio, também foram colhidos em dois locais estratégicos, com o objectivo de complementar os resultados obtidos nas análises químicas dos sedimentos de linhas de água, físico-químicas e biológicas das águas superficiais. A colheita destes sedimentos foi efectuada de forma diferente: recolheram-se algumas pedras do leito do rio, em número suficiente para compor uma amostra superior a 1g de sedimentos. Os calhaus foram colocados com a superfície superior voltada para cima dentro de tabuleiros plásticos devidamente identificados, para evitar a perda e a possível contaminação do material. Para este efeito, ainda se utilizou uma segunda bandeja como tampa e fixou-se com fita adesiva para garantir uma melhor protecção do material amostrado.

3.1.3 – Solo-Substrato

Cerca de 1kg de amostra de solo foi colhido em conjunto com as amostras de plantas tendo-se o cuidado, durante a amostragem, de preservar ao máximo as características físicas das raízes para obter um volume adequado das mesmas para posterior análise.

As colheitas foram efectuadas sempre sobre o material de escombreiras, com o objectivo de estudar as relações entre os elevados teores dos elementos químicos no solo e nas diferentes estruturas das plantas. Após a colheita, cada amostra de solo foi colocada junto com as respectivas plantas em sacos plásticos e identificados correctamente, para evitar a mistura de material.

3.1.4 – Plantas vasculares

Há muito tempo que é do conhecimento da comunidade científica nas mais diversas áreas do conhecimento, entre elas, na prospecção de minérios da existência de uma relação directa entre a vegetação e solo-substrato [PRATAS, 1996; SERRANO & CARDOSO FONSECA, 1989].

Para efectuar o estudo dessa relação, foram seleccionadas espécies de plantas, com representatividade nos locais em estudo, que são conhecidas como indicadoras de metais pesados.

As espécies em consideração neste estudo são a *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Quercus robur* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Holcus lanatus* L., *Pinus pinaster* Aiton, e *Lonicera periclymenum* L., consideradas importantes indicadoras biogeoquímicas de metais pesados [SERRANO & CARDOSO FONSECA, 1989; PRATAS, 1996].

O material amostrado incidiu sobre a totalidade das partes aéreas, assim como, das raízes e das inflorescências quando possível, tendo sempre em consideração a igual maturidade da planta e a proporcionalidade dos seus diferentes tipos de materiais, e na separação dos diferentes órgãos presentes.

As plantas que apresentassem um porte pequeno eram colhidas por inteiro, inclusivé com o solo-substrato e colocadas em sacos plásticos devidamente identificados com nome, número, data e local de colheita.

A amostragem das espécies vegetais e do solo que constituíam o respectivo substrato, foi realizada através da colheita aleatória de cerca de 500g de material vegetal de espécies presentes sobre as escombreiras das minas do Coval da Mó (Figura 3.6) e Palhal (Figura 3.7), de modo que os pontos se situassem dentro da área fortemente contaminada. As mesmas espécies foram também colhidas em áreas livres de contaminação (Serra da Freita) para efeitos de comparação dos respectivos teores.



Figura 3.6

Paisagem das escombreyras da mina do Palhal, revelando uma superfície com vegetação escassa. Em foto menor, detalhe das poucas espécies presentes.



Figura 3.7

Paisagem das escombreyras da mina do Coval da Mó, revelando uma superfície com vegetação escassa.

3.1.5 – Águas superficiais

3.1.5.1. – Parâmetros determinados *in situ*

Em cada estação de amostragem, num total de 20 estações foi determinado o pH, a temperatura da água, o oxigénio dissolvido e a condutividade eléctrica com o kit da WTW Multi Line F/SET.

O pH foi determinado após calibrar a sonda com solução tampão de pH 4.0 e 7.0. Para permitir uma melhor estabilização do medidor de pH este foi colocado dentro da água, enquanto se realizavam outras tarefas. A condutividade foi medida após a calibração com uma solução padronizada de KCl.

3.1.5.2. – Colheita de água para determinação de parâmetros químicos no laboratório

A amostragem de água superficial foi efectuada em paralelo com a recolha do biofilme contendo diatomáceas epilíticas em 20 locais de amostragem dos rios Caima, Mau e Vouga. Foram efectuadas 4 campanhas de amostragem nos períodos de Julho, Outubro de 2001 e Fevereiro e Maio de 2002.

Os locais foram seleccionados com base no conhecimento prévio do estado físico-químico das águas (Figura 3.5 e Tabela 3.2). Desta forma, procurou estabelecer-se um gradiente de qualidade da água no que diz respeito à contaminação por matéria orgânica e/ou metais. A maioria das amostras faz parte do rio Caima (13 estações), por se tratar de uma região com maior número de fontes poluidoras, seguidas de um menor número pertencentes ao rio Mau (4 estações) e ao troço do rio Vouga (3 estações).

A colheita e análise de amostras nas proximidades de antigas minas abandonadas, teve como principal objectivo, conhecer, principalmente a sua composição química relativamente aos teores de 32 elementos (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Cd, As, Mn, Fe, Mo, Ag, Ni, U, Au, Th, Sr, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W e Hg) nas componentes dissolvida e coloidal. Na componente particulada, foram determinados apenas os teores de 10 elementos químicos (Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Cd, As, Mn e Fe).

As estações foram referenciadas (Tabela 3.2) para facilitar identificação dos locais da área em estudo durante a avaliação e discussão dos resultados.

Tabela 3.2

Caracterização das estações de amostragem das águas superficiais e das diatomáceas.

Estações	Locais e/ou Freguesia	Rio	Cota (m)	Concelho	Tipo de Locais
SF1	Serra da Freita / Ãrões	Caima	950	Arouca	Referência
C18	Castelões	Caima	195	Vale de Cambra	Misto
C23	Barbeito	Caima	190	Oliveira de Azeméis	Misto
C39	Ossela (Ponte dos Cadeados)	Caima	140	Oliveira de Azeméis	Urbano/floresta
C66 (MMP ¹)	Cadeados / Rib ^a Frágoas	Caima	90	Albergaria-a-Velha	Floresta/Industrial
MP ²	Minas do Palhal/Rib ^a Frágoas	Caima	80	Albergaria-a-Velha	Mina
C68 (JMP ³)	Hidroeléctrica do Caima/ Rib Frágoas	Caima	80	Albergaria-a-Velha	Floresta
C74 (FPC ⁴)	Fábrica de Papel/Rib ^a Frágoas	Caima	45	Albergaria-a-Velha	Floresta/Industrial
MCM ⁵	Mina Coval da Mó / Rib ^a de Fragoas	C. C. Mó ⁶	200	Albergaria-a-Velha	Mina
C79	Bosturenga/Albergaria-a-Velha	C. C. Mó ⁶	45	Albergaria-a-Velha	Misto
C85	Ponte Nova (Foz do rio) / Valmaior	Fílvida	30	Albergaria-a-Velha	Misto
C93	Ruínas da Ponte / Valmaior	Caima	29	Albergaria-a-Velha	Urbano/Floresta
C99	Stº António (Ponte antiga) / Valmaior	Caima	17	Albergaria-a-Velha	Urbano/Floresta
M25 (JMM ⁷)	Folharido / Silva Escura	Mau	160	Sever do Vouga	Mina
M29(JT/MMB ⁸)	Redondo / Silva Escura	Mau	150	Sever do Vouga	Mina
MB	Mina do Braçal / Silva Escura	Mau	140	Sever do Vouga	Mina
M66	Foz do rio Mau / Silva Escura	Mau	20	Sever do Vouga	Mina
V5 (MFM ⁹)	Pessegueiro do Vouga	Vouga	43	Sever do Vouga	Urbano/Floresta
V7 (MFC ¹⁰)	Pessegueiro do Vouga	Vouga	45	Sever do Vouga	Urbano/Floresta
V14 (JFC ¹¹)	Sernada do Vouga / Águeda	Vouga	12	Águeda	Misto

¹ - MMP = a montante da mina do Palhal; ² - MP = mina do Palhal; ³ - JMP – a jusante da mina do Palhal; ⁴ - FPC = Fábrica de Papel do Caima; ⁵ - MCM = mina do Coval do Mó; ⁶ - afluente do rio Fílvida; ⁷ - JMM = a jusante da mina da Malhada; ⁸ - JT/MMB = a jusante da mina da Telhadela e a montante da mina do Braçal; ⁹ - MFM = a montante da foz do rio Mau; ¹⁰ - MFC = a montante da foz do rio Caima; ¹¹ - JFC = a jusante da foz do rio Caima.

A escolha dos locais de amostragem foi condicionada à proximidade a prováveis zonas com influência de poluição urbana, industrial e áreas mineiras. A estação localizada na serra da Freita (SF1), na cabeceira do rio Caima, foi seleccionada como ponto de referência dado que é uma zona que mantém as características naturais e não está afectada por importantes fontes de poluição.

As amostras foram colhidas em frascos de polietileno de 1000 ml (após três passagens com a água a amostrar), a uma profundidade máxima de 20cm e com os devidos cuidados para não provocar a mobilização de material do leito do rio ou das margens. Frascos de 250ml foram utilizados para colheita da água para posterior determinação da matéria orgânica ou Carência Química de Oxigénio (CQO).

Os frascos utilizados para as colheitas foram previamente lavados com detergente alcalino e enxaguados, sucessivamente, com uma solução de HNO₃ 4N e com água desmineralizada.

Foram tomadas em consideração as medidas de preservação de acordo com as normas propostas pela ASTM [AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 1984], EPA [UNITED STATES ENVIRONMENTAL AGENCY, 1982] e pelo WORKING PARTY ON STABILIZATION OF SAMPLES FROM THE

HIDROCHEMISTRY TEAM OF THE GERMAN CHEMISTS ASSOCIATION (1980), assim como a conservação das amostras a uma temperatura de 4° C. Scalf [in FIANO & SALMERON, 1988] considera que a refrigeração a temperaturas baixas ou próximas da congelação, é o melhor método de preservação.

3.1.6 – Amostragem de Diatomáceas Epilíticas (Classe *Bacillariophyceae*)

O estudo das comunidades de diatomáceas em meios aquáticos torna-se importante como meio complementar das análises físico-químicas de determinação da qualidade da água dado que estes organismos (algas) integram as condições ambientais.

Os procedimentos de amostragem das diatomáceas que vivem sobre material rochoso estão fundamentados em PRYGIEL & COSTE (2000).

As campanhas de amostragem de diatomáceas decorreram em simultâneo com as das águas superficiais, nos mesmos períodos de Verão e Outono de 2001 e Inverno e Primavera de 2002.

Como foi referido anteriormente foram seleccionadas 20 estações de amostragem (Tabela 3.2), definidas em locais com prováveis focos de contaminações orgânicas e de metais pesados, provenientes de resíduos urbanos, indústrias e antigas minas abandonadas.

Procurou-se efectuar as campanhas em cada estação do ano (Verão e Outono de 2001; Inverno e Primavera de 2002), com vista a verificar as possíveis diferenças nos resultados em consequência das mudanças climáticas.

Efectuou-se a colheita das diatomáceas epilíticas, para fins qualitativos e semi-quantitativos através da raspagem, sempre que possível (Figura 3.8), dos substratos naturais (pedras) que se encontravam submersos no leito do rio a uma profundidade entre os 10 e os 50cm (Figura 3.9). Para efectuar a raspagem utilizou-se uma pequena escova de cerdas plásticas. Sempre que possível, as pedras foram recolhidas em locais de água corrente e pouco sombrios e que apresentassem uma coloração acastanhada na superfície (Figura 3.8), indicando possivelmente a presença de diatomáceas [comunicação pessoal, Luc Ector].

O número de pedras raspadas em cada estação variou consoante o tamanho, a quantidade e a qualidade do material presente no local. Optou-se sempre por substratos de tamanhos grandes por apresentar uma comunidade de algas bem estabelecida, ao contrário de substratos menores que são facilmente arrastados pela corrente [ROUND, 1991].



Figura 3.8

Colheita de amostra epilítica por raspagem em substratos naturais.



Figura 3.9

Aspecto do material rochoso amostrado e sua posição no leito do rio.

As pedras foram raspadas para dentro de um recipiente de plástico, lavando-se a sua superfície com água do local de colheita. O material obtido desta forma era seguidamente dividido em dois frascos de vidro escuro. Um desses frascos era fixado com formol a 40%, (concentração final 10%), com cerca de 150 ml cada amostra, com o objectivo de conservar o material para futuras preparações e estudos, se necessário. O outro frasco com material vivo foi transportado para o

laboratório para ser examinado sucintamente ao microscópio óptico relativamente à presença de diatomáceas mortas. Todos os frascos foram devidamente fechados e etiquetados.

3.2 – Localização geográfica e descrição detalhada dos locais de amostragem de águas superficiais e diatomáceas

3.2.1. Bacia hidrográfica do rio Caima

3.2.1.1 Estação SF1 (Serra da Freita)

Esta estação localiza-se no concelho de Arouca, freguesia de Arões, no rio Caima (nascente), nas proximidades da ponte antiga, a montante da Frecha da Mizarela (Figura 3.10).



Figura 3.10

Paisagem do local de amostragem da estação SF1 (Serra da Freita).

No local de colheita, ao longo do ano, foi observado uma pequena profundidade da água que variou de 0.3m, a um máximo de 0.8m, mesmo em períodos de maior caudal.

A água apresentou-se sempre clara e com aspecto limpo durante todas as campanhas.

A largura do rio entre uma margem e outra, não ultrapassou os 10m, durante todo o período de amostragem.

O local apresenta uma excelente luminosidade.

Em toda a região da serra, ocorre uma grande quantidade de afloramentos rochosos de granito.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.16ms^{-1} .

A zona em redor da estação esteve na maior parte do ano isenta de qualquer material poluente, com excepção apenas para o período de Verão, em que ocorreram restos de alimentos, embalagens plásticas e de papel, provavelmente, devido a presença humana por ser um local de lazer.

A vegetação das margens é composta por uma diversidade de espécies de plantas superiores, entre as quais se destacam: *Rubus ulmifolius* Schott., *Pinus pinaster* Aiton., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Lonicera periclymenum* L., *Quercus robur* L., *Cistus salvifolius* L., *Cistus psilosepalus* Sweet.

3.2.1.2 Estação C18 (Castelões)

Esta estação localiza-se no rio Caima, na freguesia de São Pedro de Castelões - concelho de Vale de Cambra, nas proximidades da ponte antiga, 30m a jusante de uma praia fluvial a poucos metros da Ponte de Burgães.

A água apresenta, geralmente ao longo do ano, uma pequena profundidade que variou entre 0.30m e 0.80m na zona de colheita.

Durante as quatro campanhas verificou-se que a água se apresentava turva.

A largura entre as margens é limitada pelos muros laterais e não ultrapassa os 15m.

A velocidade de corrente apresentou valores médios da ordem de 0.39ms^{-1} .

No leito do rio verificou-se a presença de muito lixo (pneus, madeira, papéis, ferro e plásticos), inclusive nas margens. Em determinadas épocas do ano há ocorrência de poluição neste local proveniente das descargas de efluentes urbanos (Figura 3.11) (Engenheira do Ordenamento Urbano de Vale de Cambra – comunicação pessoal).



Figura 3.11

Paisagem do local de amostragem da estação C18 (Castelões).

A vegetação das margens é composta por uma diversidade de espécies de plantas superiores. Entre as principais e mais frequentes, destacam-se: *Rubus ulmifolius* Schott., *Lonicera periclymenum* L., *Digitalis purpurea* L., *Salix atrocinerea* Brot., *Ranunculus peltatus* Schrank subsp. *baudotii* (Godron) C. C. K. Cook, *Rumex pulcher* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Alnus glutinosa* (L.), *Salix viminalis* L., *Urtica dioica* L., *Bellis perennis* L., *Iris pseudacorus* L., *Panicum repens* L., *Calystegia sepium* (L.), *Chelidonium majus* L., *Cistus salviifolius* L., *Cistus psilosepalus* Sweet.

3.2.1.3 Estação C23 (Barbeito)

Esta estação localiza-se no rio Caima, no concelho de Vale de Cambra, entre a povoação de Areias e Barbeito, na ponte de Cornados, próximo da confluência deste com o rio Viges (Figura 3.12).

Apresenta geralmente, ao longo do ano, uma pequena profundidade da água que varia de 0.30m a 0.50m na zona de colheita.

A largura entre as margens para os períodos de amostragem, não ultrapassou os 15m.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.39ms⁻¹.



Figura 3.12

Paisagem do local de amostragem da estação C23 (Barbeito, Ponte dos Cornados).

Foi observado ao longo do estudo que a água apresentava uma coloração acastanhada e turva. Tal facto poderá estar associado à presença marcante de pequenas partículas na superfície da água, com os despejos provenientes das fossas das povoações ribeirinhas, que são recolhidos e despejados através de equipamentos agrícolas nas imediações do rio e que provocam impacto visual e um odor fétido. A presença de lixo sólido (sacos plásticos, sacos de papel, sucatas de ferro, latas, restos de vegetação etc...) também foi visível nas margens e no leito do rio.

A vegetação em torno da estação é bem densa e composta por uma diversidade de espécies de plantas superiores. Entre as principais e mais frequentes, destacam-se: *Polygonum persicaria* L., *Lolium multiflorum* Lam., *Rumex conglomeratus* Murray, *Cyperus eragrostis* Lam., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Panicum repens* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Silene latifolia* Poiret, *Bellis perennis* L., *Rumex acetosella* L. subsp. *angiocarpus* (Murb. Murb.), *Cistus salviifolius* L., *Cistus psilosepalus* Sweet, *Populus* sp., *Platanus* sp., *Quercus robur* L.

3.2.1.4 Estação C39 (Ossela)

Esta estação localiza-se no rio Caima, na freguesia de Ossela - concelho de Oliveira de Azeméis, nas proximidades da povoação de Bustelo do Caima e situa-se imediatamente abaixo da Ponte dos Cadeados (Figura 3.13).



Figura 3.13

Paisagem do local de amostragem da estação C39 (Ossela).

Apresenta geralmente, ao longo do ano, uma pequena profundidade da água que varia de 0.30m a 0.50m na zona de colheita.

Em média, as águas apresentaram-se com coloração clara e aspecto límpido durante as quatro campanhas.

A largura da linha de água durante o período de amostragem não ultrapassou os 10m.

A velocidade de corrente é razoável atingiu um valor médio de cerca de 0.69ms^{-1} .

Foi observada a presença de lixo (madeira, papéis e plásticos), mas em quantidade inferior ao verificado nas estações anteriores.

A vegetação quer arbórea quer arbustiva, é muito densa na zona envolvente e caracteriza bem o local do ponto de vista ecológico. Nesta estação é possível encontrar sanguinho de água

(*Frangula alnus* Miller, (Franco)), o sabugueiro (*Sambucus nigra* L.), ambos apresentando porte arbustivo; eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), o amieiro (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertner), a borrazeira preta (*Salix atrocinera* Brot.), o freixo (*Fraxinus angustifolia* Vahl), o choupo (*Populus* sp.), o vimeiro (*Salix viminalis* L.), o tojo (*Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*), os sargaços (*Cistus* spp.), o medronheiro (*Arbutus unedo* L.), a carqueja (*Pterospartum tridentatum* (L.) Willk.), as silvas (*Rubus ulmifolius* Schott), a hera (*Hedera maderensis* K. Koch ex A. Rutherf. subsp. *iberica* McAllister), a giesta (*Cytisus striatus* (Hill) Rothm), o tojo manso (*Stauracanthus genistoides* Brot. Samp), sanganho-mouro *Cistus salviifolius* L.

3.2.1.5 Estação C66 (a montante da mina do Palhal)

Esta estação localiza-se no rio Caima, freguesia de Ribeira de Fráguas - concelho de Albergaria-a-Velha, nas imediações da Vila Das Tílias e a montante da mina do Palhal (Figura 3.14).



Figura 3.14

Paisagem do local de amostragem da estação C66 (Vila Das Tílias).

Apresentou geralmente, ao longo do ano, uma pequena profundidade de água que varia de 0.30m a 0.50m na zona de colheita.

No geral, durante as quatro campanhas, a água apresentou uma coloração clara e aspecto límpido.

A largura do rio não ultrapassou os 4m mesmo nos períodos de maior caudal.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.80ms⁻¹.

Foi observada a presença de lixo (madeira, papéis e plásticos), embora a quantidade seja inferior ao verificado nas estações anteriores.

No local de amostragem existe uma boa luminosidade, devido ao facto da vegetação de porte alto estar mais afastada da margem.

A vegetação na área envolvente é bastante densa e por vezes fechada, sendo composta praticamente por flora arbórea e arbustiva com numerosas espécies. De entre as mais representativas, refira-se o eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), o pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton), carvalho-roble (*Quercus robur* L.), o sabugueiro (*Sambucus nigra* L.), o sobreiro (*Quercus suber* L.), as urzes (*Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L. e *Calluna vulgaris* (L.) Hull), a silva (*Rubus ulmifolius* Schott), a erva-das-sete-sangrias (*Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*), a madressilva (*Lonicera periclymenum* L.), o vimeiro (*Salix viminalis* L.), o tojo (*Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*), os sargaços (*Cistus* spp), o medronheiro (*Arbutus unedo* L.), a carqueja (*Pterospartum tridentatum* (L.) Willk.), a hera (*Hedera maderensis* K. Koch ex A. Rutherf. subsp. *iberica* McAllister), a giesta (*Cytisus striatus* (Hill) Rothm.), o tojo manso (*Stauracanthus genistoides* Brot. Samp.) e o loureiro (*Laurus nobilis* L.).

3.2.1.6 Estação MP (Mina do Palhal)

Esta estação localiza-se no rio Caima, freguesia de Ribeira de Frágoas, concelho de Albergaria-a-Velha, nas proximidades do Palhal e imediatamente abaixo das escombreyas da mina do Palhal (Figura 3.15 e 3.16).

Uma grande quantidade de material (sedimentos) encontra-se depositada no leito do rio e sobre os calhaus, proveniente da erosão do material de escombreyas que está a poucos metros acima da margem do rio, devido à acção das águas das chuvas. Apresenta geralmente, ao longo do ano, uma pequena profundidade que varia de 0.30m a 0.50m na zona de colheita.



Figura 3.15

Ortofotomapa com a localização da estação MP e das escombeiras. Fonte: [W₂₁]



Figura 3.16

Paisagem do local de amostragem da estação MP (Mina do Palhal).

O local possui uma boa luminosidade devido à vegetação estar mais afastada da margem e dispersa. A largura do rio é irregular no seu troço mas não ultrapassou os 10m durante as quatro campanhas de amostragem. Em média, as águas apresentaram um aspecto claro e límpido durante as quatro campanhas.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.54ms^{-1} .

Foi observado nas margens e no leito do rio uma pequena quantidade de lixo (galhos de árvores, papéis, plásticos e pedaços de sucata de ferro).

A vegetação é composta praticamente pelas mesmas espécies descritas na estação anterior, devido à proximidade das duas estações.



Figura 3.17

Paisagem do local de amostragem da estação C68 (Palhal).

3.2.1.7 Estação C68 (a jusante a mina do Palhal)

Esta estação localiza-se no rio Caima, freguesia de Ribeira de Frágoas - concelho de Albergaria-a-Velha, nas proximidades da Hidroelétrica do Caima, a 200m a jusante da mina do Palhal (Figura 3.17).

O leito do rio apresentou uma profundidade da água que variou de 0.30m a 0.50m na zona de colheita mesmo nos períodos de maior caudal.

A largura do rio é irregular no seu troço e não ultrapassou os 5m no local de amostragem.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.47ms^{-1} .

Durante as campanhas as águas apresentaram sempre uma coloração clara, aspecto transparente e límpido.

O local é muito bem iluminado devido à vegetação encontrar-se afastada das margens do rio.

A presença de lixo (madeira, papéis e plásticos) foi verificada em pequenas quantidades nas margens e no leito do rio, principalmente no Inverno, devido à incidência de chuvas que provocou provavelmente o arrastamento de material proveniente da população ribeirinha.

Em relação à vegetação, as espécies observadas são as mesmas das estações C66 e MP.

3.2.1.8 Estação C74 (a jusante da Fábrica de Papel do Caima)

Esta estação localiza-se no rio Caima, freguesia de Ribeira de Frágoas - concelho de Albergaria-a-Velha, nas imediações da localidade Carvalhal, logo abaixo da Fábrica de Papel e a 50m da antiga ponte (Figura 3.18).

O leito do rio apresenta geralmente, ao longo do ano, uma profundidade da água que variou entre 0.30m e 0.50m na zona de colheita.

A largura do rio é de aproximadamente 10m no local de amostragem o que proporciona uma boa luminosidade.

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.35ms^{-1} .

Ao longo do período de amostragem as águas apresentaram uma coloração acastanhada e aspecto turvo.

Foi detectada a presença de lixo (galhos de árvores, papéis, plásticos) em quantidades variáveis nas margens e no leito do rio, assim como outros materiais de maiores dimensões (ferro, pneus e utensílios domésticos) mas em quantidades inferiores.

A água apresentou-se sempre acastanhada mas transparente e com presença de partículas em suspensão nos períodos de Outono e Inverno.



Figura 3.18

Ortofotomapa apresentando a localização da estação C74 e das instalações da fábrica de papel. Fonte: [W₂₁]



Figura 3.19

Aspecto da paisagem do local de amostragem da estação C74 (Fábrica de Papel).

A vegetação está representada principalmente por uma variedade de espécies arbóreas e arbustivas, semelhante à das estações C66, MP, C68.

3.2.1.9 Estação MCM (Mina do Coval da Mó)

Esta estação localiza-se na Corga do Coval da Mó, freguesia de Ribeira de Frágoas - concelho de Albergaria-a-Velha, um dos afluentes do rio Fílvida. A estação de amostragem localiza-se a 100m das escombrelas da antiga mina do Coval da Mó (Figura 3.20).

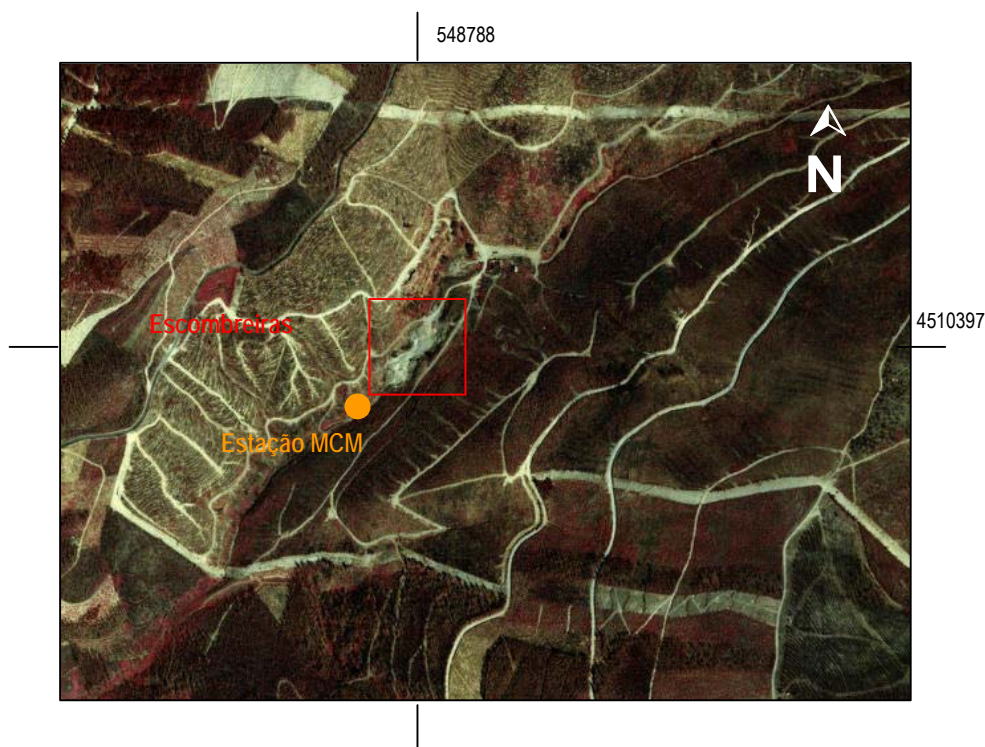


Figura 3.20

Ortofotomapa apresentando a localização da área da mina do Coval da Mó (estação MCM) e da localização da área de ocupação das escombrelas.

Fonte: [W₂₁].

O leito do rio na zona de colheita apresentou geralmente, ao longo do ano, uma profundidade da água que variou de 0.10m a um valor máximo de 0.30m, nos períodos de maior caudal (Inverno/2002).

Só foi possível determinar a velocidade de corrente num único período de amostragem (Inverno/2002), tendo-se registado um valor de 0.09 ms⁻¹. Nas restantes campanhas, o caudal era muito baixo impossibilitando a utilização do equipamento de medição.

As águas apresentaram-se, no período de Outono e Inverno, transparentes e com um aspecto mais acastanhado e turvo nos períodos de Primavera e Verão.

Foi detectada a presença de óxidos e hidróxidos de ferro na superfície dos calhaus e na superfície dos sedimentos durante todas as campanhas (Figura 3.21).



Figura 3.21

Paisagem do local de amostragem da estação MCM (mina do Coval da Mó).

A presença da vegetação no interior leito do rio, como galhos e folhas das árvores, foi mais marcante no período de Outono e Inverno, o que proporcionou um incremento da concentração de matéria orgânica nas águas de superfície do local.

A zona envolvente possui uma densa vegetação de médio a grande porte. A flora é composta principalmente por espécies arbóreas e arbustivas destacando-se o pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Aiton), o sabugueiro (*Sambucus nigra* L.), o eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), o sobreiro (*Quercus suber* L.), as urzes (*Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L. e *Calluna vulgaris* (L.) Hull), carvalho-roble (*Quercus robur* L.), a silva (*Rubus ulmifolius* Schott), a erva-das-sete-sangrias (*Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*), a madressilva (*Lonicera periclymenum* L.), o vimeiro (*Salix viminalis* L.), o tojo (*Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*), os sargaços (*Cistus* spp L.), o

medronheiro (*Arbutus unedo* L.), a carqueja (*Pterospartum tridentatum* (L.) Willk.), a hera, (*Hedera maderensis* K. Koch ex A. Rutherf. subsp. *iberica* McAllister), a giesta (*Cytisus striatus* (Hill) Rothm.), o tojo manso (*Stauracanthus genistoides* Brot. Samp.), o loureiro (*Laurus nobilis* L.), os sargaços (*Cistus* spp), e a dedaleira (*Digitalis purpurea* L.), (*Holcus lanatus* L.).

3.2.1.10 Estação C79 (Bosturenga)

Esta estação localiza-se na Corga do Coval da Mó, freguesia de Ribeira de Frágoas - concelho de Albergaria-a-Velha, um dos afluentes do rio Caima, e nas proximidades da povoação de Bosturenga logo abaixo da passagem de nível (Figura 3.22).



Figura 3. 22

Ortofotomapa apresentando a localização da estação C79. Fonte: [W₂₁]

A estação está situada a jusante da estação anterior (MCM), aproximadamente a 4km. O leito do rio apresentou, durante as campanhas, uma profundidade de água que variou de 0.20m a 0.50m no período de maior caudal. A largura não ultrapassou os 2m, enquanto a velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.10ms⁻¹.

É um local com pouca luminosidade devido ao estreitamento e profundidade da linha de água apresentando, por vezes durante o ano, uma densa vegetação nas margens do rio (Figura 3.23).



Figura 3.23

Paisagem do local de amostragem da estação C79 (Bosturenga).

A água apresentou-se sempre límpida e clara nos períodos de Outono e Inverno apresentando uma pequena turvação nos períodos de menor precipitação (Primavera e Verão).

Foi detectada a presença constante de muito lixo de diversos tipos (electrodomésticos, latas, pedaços de sucatas de carro, garrafas, fraldas descartáveis, guarda-chuvas, papéis, sacos plásticos, embalagens de fertilizantes e pesticidas, etc.), que provocavam não só uma provável contaminação mas um impacto visual negativo da paisagem, e por vezes a obstrução do curso natural do rio em determinados pontos. A presença deste tipo de embalagens foi identificada em alguns períodos do ano quer nas margens quer no leito do rio. Esta presença deve-se provavelmente às práticas agrícolas inadequadas nas extensas áreas agrícolas existentes ao longo da margem direita do rio Fílvida e em áreas menores e isoladas.

Foi identificada a presença de vegetação nas margens e no leito do rio, como galhos e folhas das árvores que margeiam o mesmo, nos períodos de Outono e Inverno, o que dificultou um pouco o acesso ao local. Ao contrário, nas campanhas de Primavera e Verão o acesso encontrava-se facilitado devido aos trabalhos de poda da vegetação.

A flora é abundante nas imediações do local de amostragem caracterizando-se por apresentar em determinadas épocas do ano, plantas introduzidas pela prática do cultivo de hortaliças e frutíferas, destacando-se entre estas, a couve, a alface, o alho e o pessegueiro. Já a vegetação mais abundante, representada por plantas autóctones ou naturalizadas, consiste em *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Cistus ladanifer* L., *Quercus robur* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Lonicera periclymenum* L., *Cytisus striatus* (Hill) Rothm., *Salix viminalis* L., *Cistus* spp L., *Holcus lanatus* L., *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Stauracanthus genistoides* Brot. Samp., *Digitalis purpurea* L.



Figura 3.24

Ortofotomapa apresentando a localização das estações C85 e C93 (rio Caima). Fonte: [W₂₁].

3.2.1.11 Estação C85 (foz do rio Fílvida)

Esta estação localiza-se no rio Fílvida (foz) na freguesia de Valmaior - concelho de Albergaria-a-Velha, nas proximidades de uma passagem de nível e está situada a 30m da confluência com o rio Caima (Figura 3.24).

O leito do rio apresentou uma profundidade que variou entre 0.20m e 0.50m. A largura não ultrapassou os 10m, mesmo nos períodos de maior caudal. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.48ms⁻¹.



Figura 3.25

Aspecto da paisagem do local de amostragem da estação C85 (foz do rio Fílvida).

As águas apresentaram-se ao longo do estudo claras e transparentes, com excepção para o período de Verão, que se apresentou mais turva.

No local de amostragem não foi identificada a presença de vegetação no interior do leito do rio, nem de lixo de qualquer natureza.

A vegetação que predomina nas margens do rio no local de colheita, é praticamente do tipo arbustiva e subarbustiva, enquanto que na zona mais afastada das margens a vegetação é do tipo arbórea. Entre as mais representativas encontram-se as espécies *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus salvifolius* L., *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Willd., *Echium plantagineum* L., *Briza maxima* L., Nas imediações ocorre uma ocupação densa de vegetação de porte arbóreo, caracterizada pela presença de *Eucalyptus globulus* Labill..e *Pinus pinaster* Aiton.

3.2.1.12 Estação C93 (a jusante da foz do rio Filvida)

Esta estação localiza-se no rio Caima, na freguesia de Valmaior - concelho de Albergaria-a-Velha, 50m a jusante da foz do rio Filvida e próximo dos escombros da antiga ponte (Figura 3.26).



Figura 3.26

Paisagem do local de amostragem da estação C93 (Valmaior - ponte antiga).

O leito do rio apresentou uma profundidade que variou entre 0.50m a 1.0m nos períodos de maior caudal. A largura é aproximada de 10m entre uma margem e outra. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.45ms^{-1} .

Em média, as águas apresentaram-se turvas e acastanhadas.

Foi verificada a presença de vegetação (galhos e folhas) e uma quantidade pequena de lixo urbano (sacos plásticos, papel, sucatas em ferro).

A flora que compõe esta zona é semelhante à existente na estação anterior, acrescida de algumas espécies de maior porte, como o *Quercus robur* L., o *Eucalyptus globulus* Labill. e o *Pinus pinaster* Aiton.

3.2.1.13 - Estação C99 (rio Caima)

Esta estação localiza-se no rio Caima, na localidade de Santo António na freguesia de Valmaior, concelho de Albergaria-a-Velha, imediatamente abaixo da antiga ponte e a aproximadamente a 5.5km a jusante da estação anterior (C93) (Figura 3.27).

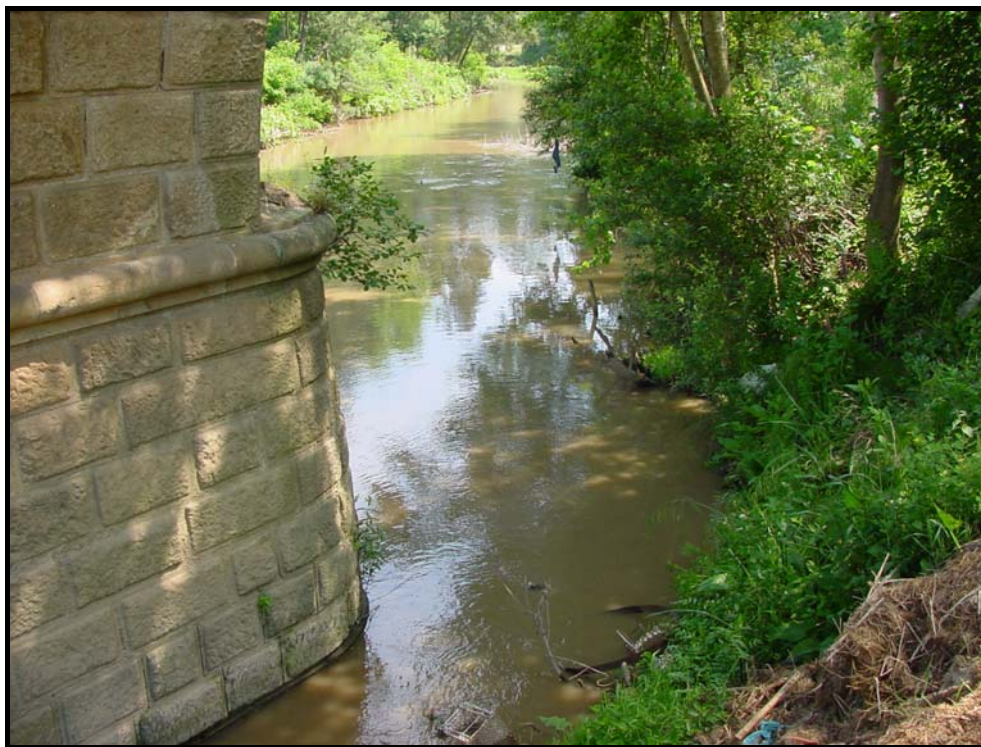


Figura 3.27

Paisagem do local de amostragem da estação C99 (Valmaior).

O leito do rio apresentou geralmente, ao longo do ano, uma profundidade de água que variou entre 0.50m a 1.00m no período de maior caudal.

A largura do rio é aproximadamente de 10m podendo atingir valores superiores em períodos de maior caudal. A velocidade de corrente verificada ao longo do estudo atingiu um valor médio de cerca de 0.17ms^{-1} . O local é sombrio praticamente todo o dia, com pouca luminosidade, devido à vegetação envolvente e principalmente por estar debaixo de uma ponte (Figura 3.26).

A água apresentou-se sempre de cor acastanhada e turva ao longo do período de estudo. Foi identificada a presença constante de muita vegetação (galhos e folhas) e de lixo urbano (sacos plásticos, papel, sucatas em ferro).

A vegetação que existe neste local é bastante diversificada em número de espécies . De entre as espécies mais abundantes podemos referir: *Quercus robur* L., *Quercus suber*, *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L, *Calluna vulgaris* (L.) Hull), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Willd., *Laurus nobilis* L.

3.2.2 Bacia hidrográfica do rio Mau

3.2.2.1 Estação M25 (a jusante da mina da Malhada)

Esta estação localiza-se no rio Mau, freguesia de Silva Escura, concelho de Sever do Vouga, a aproximadamente a 1.5km a jusante da mina da Malhada (Figura 3.28).



Figura 3.28

Paisagem do local de amostragem da estação M25 (a jusante da mina da Malhada).

O leito do rio apresentou ao longo do ano, uma profundidade que variou entre 0.30m a 0.50m. A irregularidade da profundidade do rio deve-se principalmente à presença de afloramentos de rochas grandes e médias no seu leito. A largura média do rio é de 5m ao longo do estudo,

mesmo em períodos de maior caudal. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.49ms^{-1} .

Verificou-se a presença de muita vegetação (galhos e folhas) no leito do rio e margens e uma quantidade muito pequena de lixo urbano (sacos plásticos, papel). O local de amostragem apresenta-se sombrio durante a maior parte do dia, devido à grande quantidade de vegetação, de grande porte nas margens do rio.

A vegetação que ocorre neste local é composta por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Erica cinerea* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L..



Figura 3.29

Paisagem do local de amostragem da estação M29 (rio Mau).

3.2.2.2 Estação M29

Esta estação localiza-se no rio Mau, freguesia de Silva Escura, concelho de Sever do Vouga, aproximadamente a 2.5km a montante da mina do Braçal, e 500m a jusante da estação anterior (M25) (Figura 3.29).

A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.57ms^{-1} . As características desta estação são idênticas às da estação anterior, facto que se deve à proximidade entre estas duas estações.

3.2.2.3 Estação MB (mina do Braçal)

Esta estação localiza-se no rio Mau, na freguesia de Silva Escura, concelho de Sever do Vouga. Esta estação está situada dentro da área da antiga mina do Braçal (Figura 3.30), área esta que se encontra nas proximidades das povoações de Folharido e Alto das Antas.

O leito do rio apresenta geralmente, ao longo do ano e na zona de colheita, uma profundidade que varia entre 0.30m a aproximadamente 0.50m.

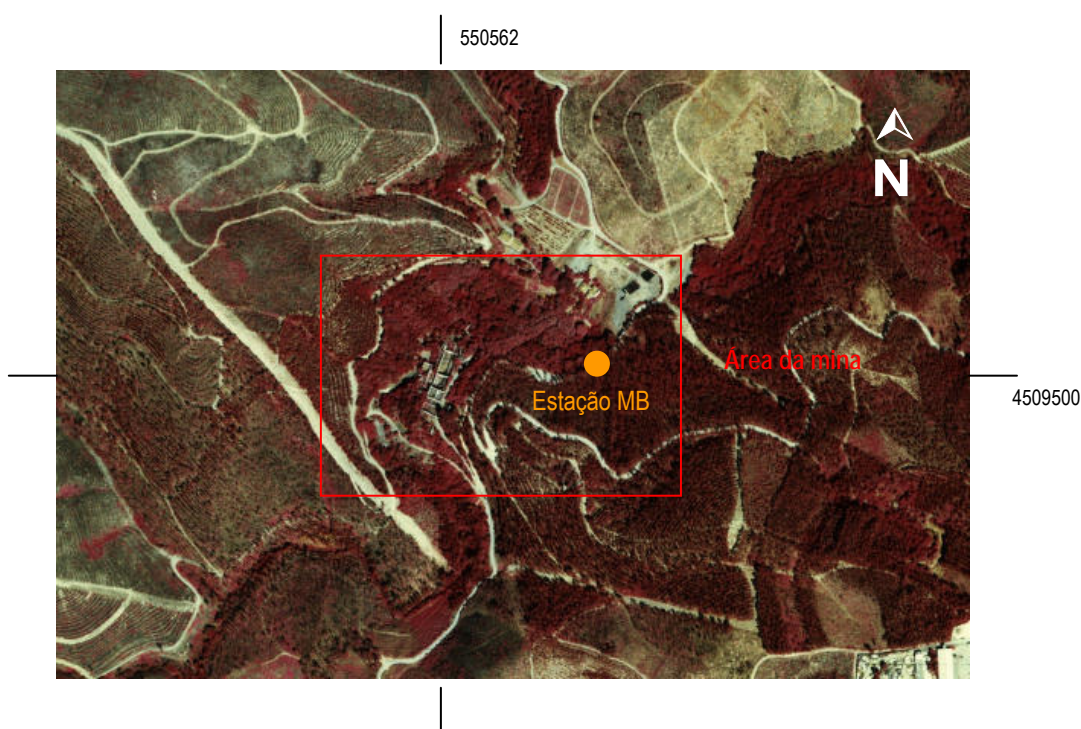


Figura 3.30

Ortofotomapa da área da mina do Braçal e da estação MB. Fonte: [W₂₁].

A profundidade é irregular e deve-se à presença de muitos calhaus soltos no leito do rio e afloramentos de rocha. A alguns metros do local de colheita ocorre uma pequena queda de água.

A largura do rio no local de colheita é de aproximadamente 10m, mas logo alguns metros à frente, o rio segue o seu curso numa faixa bem mais estreita (Figura 3.31). A velocidade de corrente atingiu um valor médio de 0.41ms^{-1} .

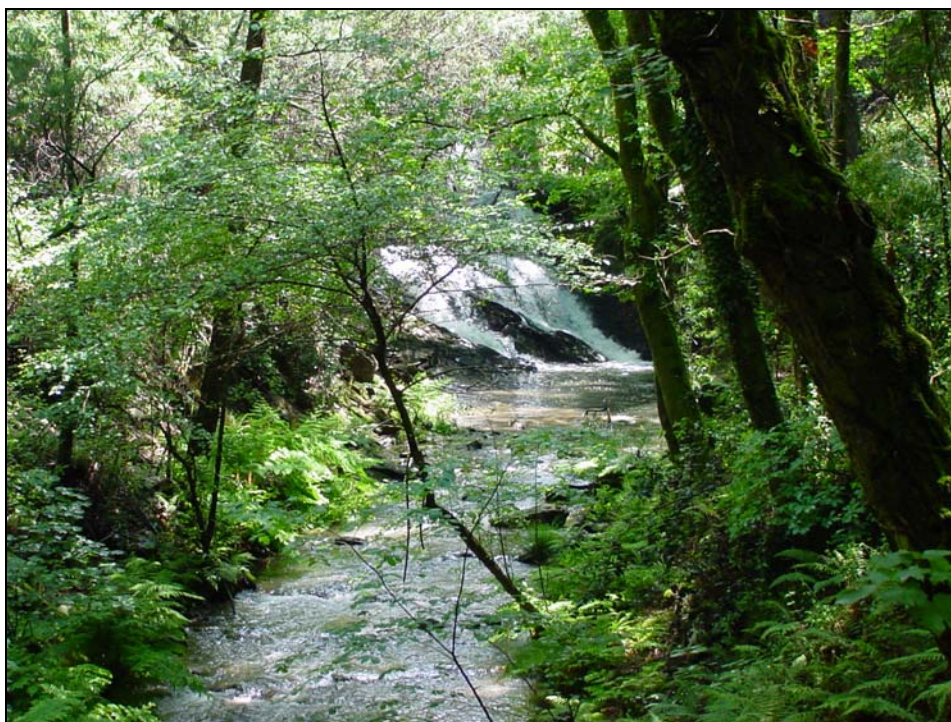


Figura 3.31

Paisagem do local de amostragem da estação MB (mina do Braçal).

A vegetação que ocorre neste local tem um certo predomínio de espécies de porte elevado, mas em que as espécies arbustivas e semi-arbustivas estão bem representadas tais como: *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Quercus suber* L., *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.) Hull, *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L.

3.2.2.4 Estação M66 (foz do rio Mau).

Esta estação localiza-se no rio Mau, na freguesia de Pessegueiro do Vouga, concelho de Sever do Vouga, imediatamente abaixo de uma passagem de nível que passa entre áreas habitacionais particulares e áreas de exploração agrícola (Figura 3.32).

O leito do rio, no local de colheita, apresentou geralmente ao longo do ano uma profundidade que variou aproximadamente entre 0.30m a 0.50m. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.89 ms⁻¹. Durante os quatro períodos de campanha, a água

apresentou-se clara e transparente. Assinale-se a presença de uma pequena queda de água a montante, provocada por um desnível artificial.



Figura 3.32

Paisagem do troço do rio Vouga. O círculo a branco indica a localização da confluência do rio Mau com o rio Vouga e que se localiza a 50m a jusante da estação M66.

A largura do rio no local de colheita é limitada (aproximadamente 5m) e condicionada lateralmente por taludes com cerca de aproximadamente 2m de altura. No topo dos mesmos foram verificados, de acordo com a época do ano e durante as quatro campanhas, cultivos alternados de milho e forrageiras (aveia), espécies hortícolas (couve) assim como culturas permanentes de frutíferas (laranjeira, videiras) e de oliveiras.

Foi detectada nas margens e leito do rio a presença de pouca vegetação (galhos e folhas) e também uma quantidade reduzida de lixo urbano (sacos plásticos e papéis). Segundo alguns residentes durante um dos períodos da campanha ocorreu um despejo de material líquido de características desconhecidas que provocou o aparecimento de manchas com coloração branca no leito do rio.

O local de amostragem apresenta-se na maior parte do ano com claridade por não haver cobertura vegetal de porte elevado nas margens.

A vegetação que ocorre neste local é bem diversificada e na maioria dos casos semelhante à identificada na estação anterior (*Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Quercus suber* L., *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L.).

3.2.3 Troço do rio Vouga

3.2.3.1 Estação V5 (rio Vouga)

Esta estação localiza-se no rio Vouga, na freguesia de Pessegueiro do Vouga, concelho de Sever do Vouga, aproximadamente a 3.5km a montante da foz do rio Mau.

O leito do rio no local de colheita apresentou, durante as quatro campanhas, uma profundidade que variou entre 0.30m a 0.50m.

O rio no local de colheita apresenta uma largura aproximada de 20m. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.26ms⁻¹.

A água apresentou-se clara e transparente e com aspecto límpido ao longo do período de estudo. Presença de pouca vegetação (galhos e folhas) e uma quantidade pequena de lixo urbano sacos plásticos e papéis nas margens e leito do rio.

O local de amostragem apresenta-se, na maior parte do ano, com muita claridade e pela presença de uma cobertura vegetal de porte elevado a médio nas margens.

A vegetação que compõe em parte este local é bem diversificada e semelhante à identificada na estação anterior, designadamente, *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Quercus suber* L., *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L.

3.2.3.2 Estação V7 (rio Vouga)

Esta estação localiza-se no rio Vouga, freguesia de Pessegueiro do Vouga, concelho de Sever do Vouga, nas proximidades dos limites dos concelhos de Sever do Vouga e Albergaria-a-Velha. Está localizada aproximadamente a 1km a jusante da foz do rio Mau (Figura 3.33).



Figura 3.33

Paisagem do local de amostragem da estação V7 (rio Vouga).

O leito do rio, no local de colheita, apresentou geralmente ao longo do ano, uma profundidade que variou de 0.30m a aproximadamente 0.50m.

A largura do rio no local de colheita é considerável atingindo aproximadamente cerca de 20m entre uma margem e outra. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.57 ms⁻¹.

Durante os quatro períodos de campanha, a água apresentou-se clara e transparente. O local de amostragem apresenta na maior parte do ano boa luminosidade.

Presença de pouca vegetação (galhos e folhas) e uma quantidade pequena de lixo urbano sacos plásticos e papéis nas margens e leito do rio.

Verifica-se a presença de uma cobertura vegetal de porte elevado a médio, principalmente na margem esquerda do rio.

A vegetação que compõe em parte este local é bem diversificada e semelhante, na maioria dos casos à da estação anterior (*Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Quercus suber* L., *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp.

prostrata, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L.).

3.2.3.3 Estação V14 (rio Vouga)

Esta estação localiza-se no rio Vouga, na localidade de Sernada do Vouga, concelho de Águeda, aproximadamente a 50m da ponte de caminho-de-ferro e a 3km a jusante da foz do rio Caima (Figura 3.34).

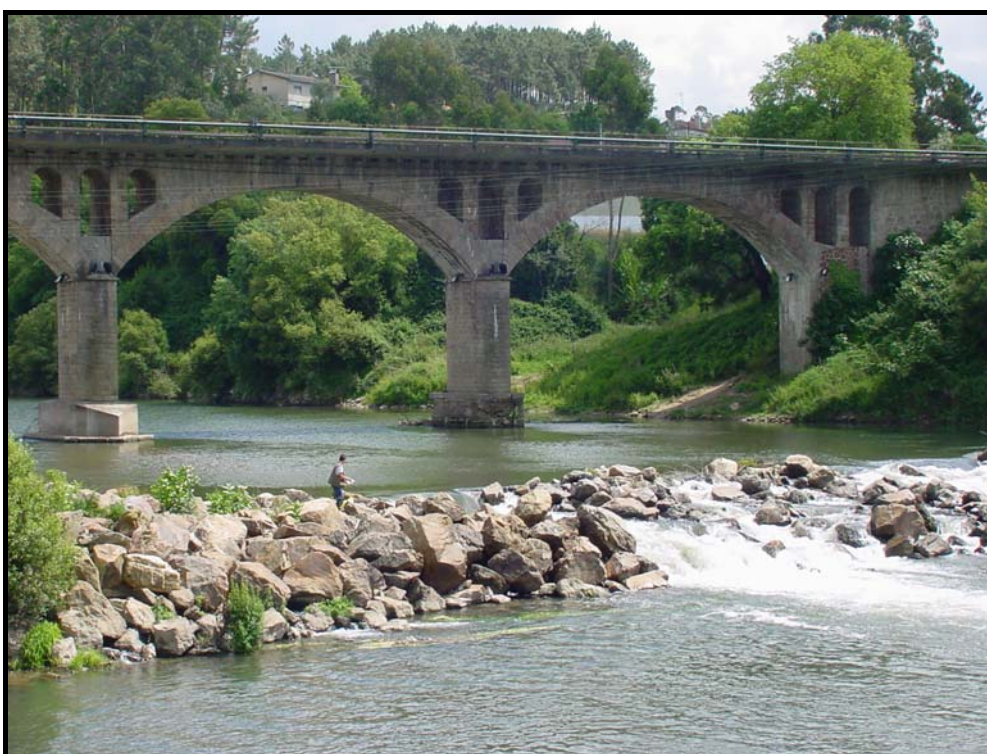


Figura 3.34

Paisagem do local de amostragem da estação V14. (ponte do caminho-de-ferro sobre o rio Vouga, Sernada do Vouga).

O leito do rio no local de colheita apresentou durante as campanhas de amostragem uma profundidade variável, não ultrapassando a profundidade de 1m nos períodos de maior caudal. A largura do rio é de aproximadamente 500m. A velocidade de corrente atingiu um valor médio de cerca de 0.51 ms^{-1} .

Durante os quatro períodos de campanha a água apresentou-se clara a um pouco turva. Foi identificada a presença de lixo devido ao facto de nas proximidades existir uma praia fluvial. Refira-se também a presença de um aviário que é responsável pela presença de dejectos na área.

O local apresenta uma excelente luminosidade em função da extensa largura do rio e da presença de vegetação de porte arbustivo e sub-arbustivo próximo das margens. A cobertura vegetal é mais densa e de porte elevado na margem esquerda do rio, enquanto que na margem direita ocorre um número mais reduzido e com espécies de pequeno a médio porte.

A vegetação que ocorre neste local é bem diversificada e na maioria dos casos semelhante à identificada na estação anterior, designadamente, *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster* Aiton, *Quercus robur* L., *Quercus suber* L., *Erica cinerea* L., *Erica umbellata* L., *Calluna vulgaris* (L.), *Ulex europaeus* L. subsp. *europaeus*, *Pterospartum tridentatum* (L.) Willk., *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Rubus ulmifolius* Schott, *Cistus psilosepalus* Sweet, *Raphanus raphanistrum* L., *Polygonum salicifolium* Brouss. Ex Willd., *Laurus nobilis* L.

3.3 – Tratamento laboratorial e análise das amostras dos diferentes meios amostrais

Neste item são descritos os procedimentos efectuados em laboratório em relação ao tratamento físico-químico das amostras dos diferentes meios amostrais utilizados neste estudo.

3.3.1 – Amostras de sedimentos de linhas de água e da superfície das pedras, das escombreyras e do solo-substrato

O manuseio das amostras após a amostragem pode ter um efeito significativo em algumas características químicas [BROWN, 1999], no entanto, está longe de ser esclarecido como a manipulação das amostras afecta os teores das formas disponíveis dos metais.

As amostras de sedimentos de linhas de água, de escombreyras e de solo foram transportadas para o laboratório de preparação física e aí sujeitas a tratamento cuidado para evitar contaminações de acordo com o protocolo apresentado no fluxograma da figura 3.35.

No laboratório as amostras foram colocadas de imediato em tabuleiros plásticos lavados e secos, devidamente identificadas, numeradas e submetidas a secagem em estufa a uma temperatura constante de 40 °C. Estudos em amostras de solos revelam que elevadas temperaturas durante o processo de secagem, podem promover mudanças significativas nas propriedades físico-químicas, alterando os teores solúveis de metais [SHUMAN, 1980; KAHN & SOLTANPOUR, 1978].

Após este primeiro processo as amostras foram homogeneizadas e quarteadas. Dessas quatro fracções seleccionaram-se duas partes opostas, às quais foi removido o material com dimensões superiores a 2mm (calhaus, restos de vegetais etc...) para a seguir ser novamente homogeneizada e peneirada a uma fracção inferior a 170 μm . Os sedimentos finos da superfície dos calhaus foram removidos por intermédio de uma pequena escova com cerdas plásticas.

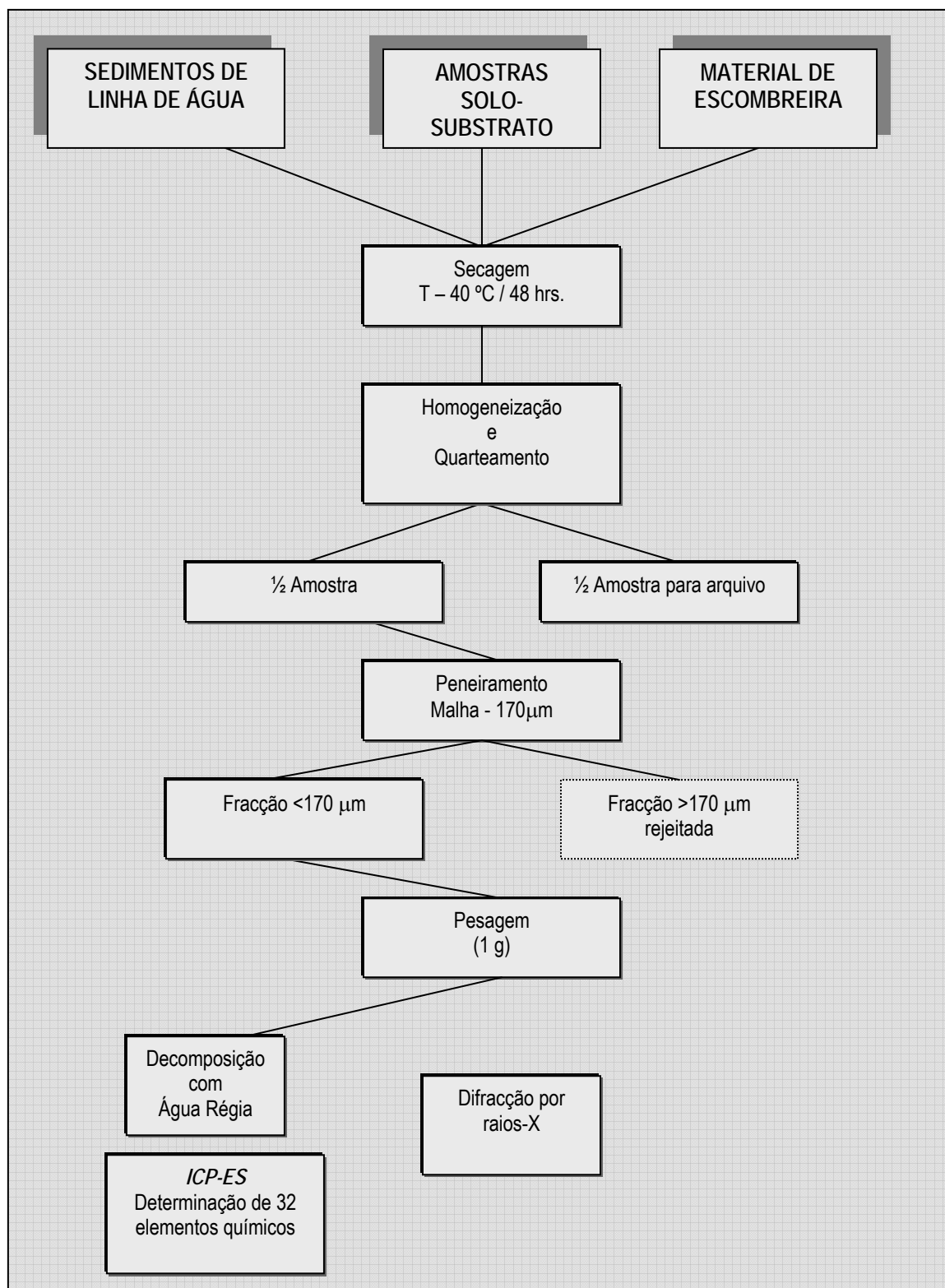
Todas as amostras foram armazenadas em recipientes plásticos devidamente identificados e guardados em local adequado à conservação das mesmas.

A análise química das amostras exige que se tenha um conhecimento prévio das características das amostras e bem definidos os objectivos da análise, pois a decomposição química é um passo muito importante na análise de uma amostra geoquímica, devido à complexidade dos materiais geológicos que por sua vez exige que se seleccione a técnica mais adequada [CHAO E SANZOLONE, 1992].

As amostras foram analisadas para 32 elementos químicos, (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Cd, As, Mn, Fe, Mo, Ag, Ni, U, Au, Th, Sr, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W e Hg) por Espectrometria de Emissão de Plasma (ICP-ES OPTIMA) num laboratório internacional acreditado (ACME analytical Laboratories Ltd – ISSO 9002 Accredited Co.). O método analítico utiliza 0.5 g de amostra a ser decomposta com 3 ml de aqua régia durante 1 hora a 95 °C seguida de uma diluição com água até perfazer 10 ml.

No Anexo I apresentam-se os resultados analíticos correspondentes às amostras de sedimentos de linhas de água das bacias do rio Caima, Mau e Vouga para os elementos químicos seleccionados.

Considerando que vários trabalhos relatam a importância das condições do material de escombreyras como fonte de poluição do meio ambiente envolvente [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c] foi efectuada uma separação granulométrica (areia, silte, argila) do material de escombreyras, com o intuito de avaliar a actual condição de estabilidade do material, estimar a representatividade das diferentes fracções granulométricas e avaliar a distribuição de teores pelas respectivas fracções.



(ICP-ES: Espectrometria de Emissão de Plasma).

Figura 3.35

Metodologia da preparação físico-química e análise das amostras de sedimentos, solos, material de escombrelas e plantas.

3.3.2 – Águas superficiais

Algumas das análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Geoquímica Ambiental do Departamento de Geociências e no Laboratório de Estudo de Algas do Departamento de Biologia, ambos na Universidade de Aveiro.

O fluxograma da figura 3.36 descreve sumariamente o procedimento adoptado para o tratamento das amostras de água e os métodos aplicados.

As amostras foram sempre tratadas logo à chegada ao laboratório, para evitar uma provável decomposição da matéria orgânica pelos microrganismos presentes na amostra, assim como, a alteração na componente inorgânica. Antes de se proceder a qualquer determinação química, as amostras foram filtradas através de um filtro Millipore® 0.45 µm sob vácuo (um volume de 250 ml de água para efectuar a análise de CQO_{Cr} e um volume de 500 ml de amostra para as restantes determinações), utilizando para o efeito unidades de filtração Sterifil Millipore®. As referidas operações tiveram como objectivo individualizar a componente dissolvida e particulada (material retido no filtro 0.45 µm) de cada amostra de água.

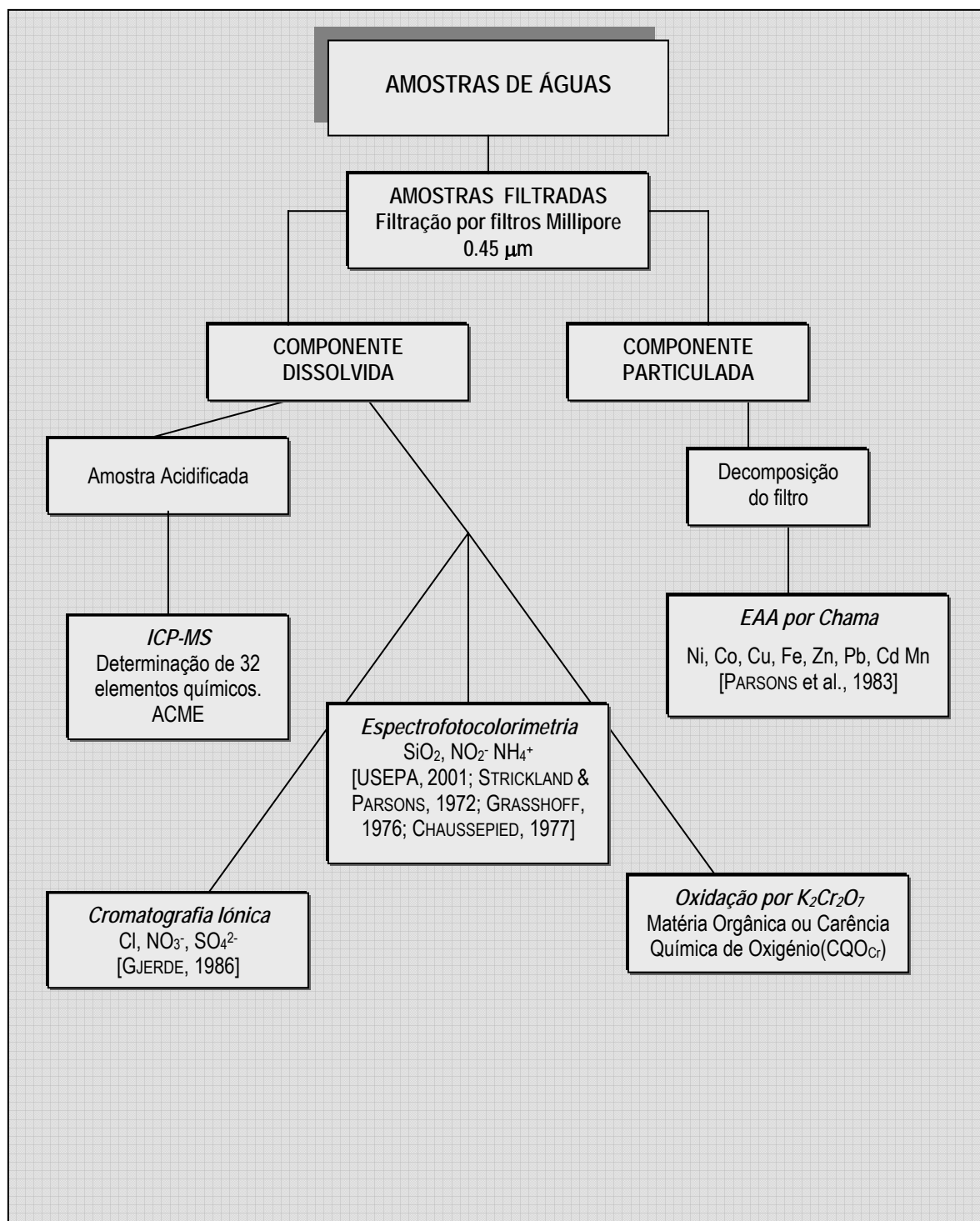
3.3.2.1 - Componente dissolvida

Uma vez concluída a filtração, transferiu-se o volume das amostras para garrafas plásticas de 500 ml que foram colocadas a uma temperatura aproximada de 4 °C, para preservar ao máximo as características químicas originais.

As amostras foram enviadas para o laboratório internacional acreditado (ACME Analytical Laboratories Ltd – ISSO 9002 Accredited Co.) para serem submetidas a análises químicas de 32 elementos químicos (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Cd, As, Mn, Fe, Mo, Ag, Ni, U, Au, Th, Sr, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W e Hg) por Espectrometria de Emissão de Plasma (ICP-ES OPTIMA. No Anexo II (Tabelas II.1, II.2, II.3 e II.4) apresentam-se os resultados analíticos correspondentes à componente dissolvida das amostras de águas superficiais para os elementos químicos seleccionados.

3.3.2.2. – Componente particulada

Após o processo de filtragem, as membranas filtrantes foram colocadas em copos de *teflon*, onde se adicionaram 3 ml de HNO₃ (65%). Posteriormente, os copos foram colocados sobre uma placa de aquecimento à temperatura de 50 °C, para decomposição das membranas.



(EAA: Espectrofotometria Absorção Atômica de Chama; ICP-ES OPTIMA: Espectrometria de Emissão de Plasma)

Figura 3.36

Metodologia da preparação físico-química das amostras de água e respectiva análise.

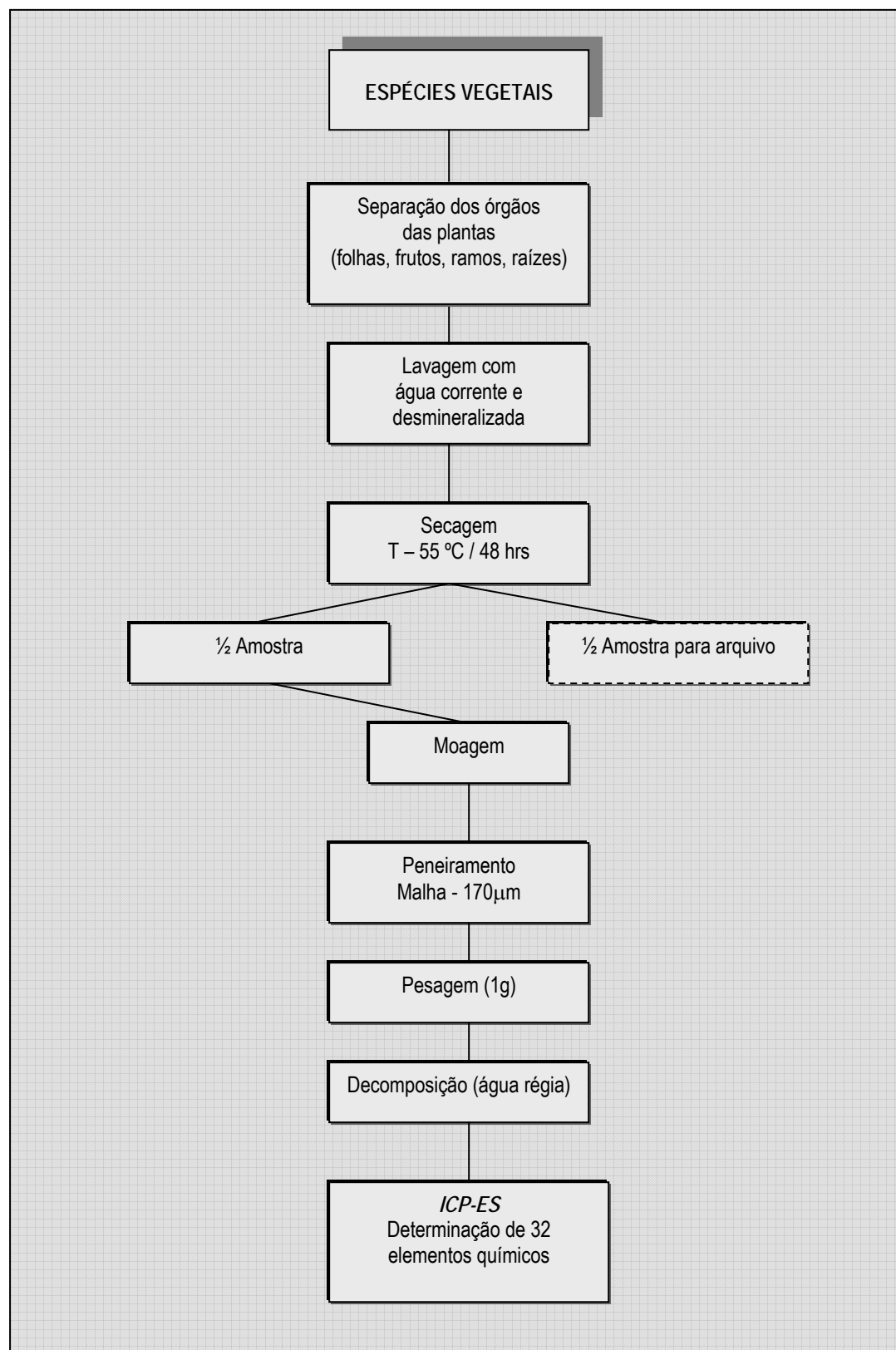


Figura 3.37

Metodologia da preparação das amostras de plantas e respectiva análise.

De seguida, retomou-se o resíduo com 10 ml de HNO₃ 4M e transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 25 ml, completando-se o volume com água desmineralizada, originando-se assim, a solução para análise química.

As amostras foram submetidas à análise de Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Cd, As, Mn, Fe, Mo, Ag, Ni, U, Au, Th, Sr, Sb, Bi, V, Ca, P, La, Mg, Ba, Ti, B, Al, Na, K, W e Hg) por Espectrofotometria de Absorção Atômica. No Anexo II (Tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8) apresentam-se os resultados analíticos correspondentes à componente dissolvida das amostras de águas superficiais para os elementos químicos seleccionados.

3.3.3 - Plantas e Solo-substrato

Na preparação das amostras teve-se certas precauções para evitar possíveis contaminações.

Primeiro foi removido com cuidado o volume de solo-substrato, para preservar ao máximo as raízes e evitar a perda do material de ambos. Colocou-se de seguida as amostras de solo em tabuleiros plásticos, devidamente identificados de acordo com os dados de campo. O tratamento das amostras de solo, para futuras análises químicas, já foi descrito anteriormente (Figura 3.33).

As amostras de plantas foram identificadas e posteriormente submetidas à análise de acordo com o fluxograma da figura 3.37. As diferentes espécies de plantas foram separadas e lavadas abundantemente em água corrente e depois em água destilada e colocadas em tabuleiros plásticos, devidamente identificados. Após este processo, as diferentes partes foram secas em estufa à temperatura de 55 °C durante pelo menos, 48 horas, sendo seguidamente moídas, num aparelho de moer café, com lâminas apropriadas, a uma granulometria inferior a 1mm. Entre cada moagem os equipamentos eram limpos através de jacto de ar comprimido e submetidos a uma limpeza com álcool, para evitar qualquer tipo de contaminação. Das amostras totais reteve-se para análise química 1g e o restante material foi arquivado.

Os elementos químicos (32) determinados são idênticos aos mencionados no item 3.3.1, no entanto do método de análise utilizado foi o ICP-ES, por apresentar limites de detecção mais baixos. No Anexo IV (Tabelas IV.1 e IV.2) apresentam-se os resultados analíticos correspondentes às amostras de plantas e de substrato para os elementos químicos seleccionados.

3.3.4 – Diatomáceas epilíticas (Classe *Bacillariophyceae*)

A presença de diatomáceas num dado local pode fornecer indicações acerca da qualidade da água nesse local, já que são excelentes indicadores biológicos para vários tipos de poluição

aquática. Contudo são extremamente sensíveis às variações naturais dos factores abióticos, incluindo as correntes [MCINTIRE, 1966], nutrientes [LELAND et al., 2001], luminosidade temperatura da água e pH [RNDE, 2000; DE NICOLA, 2000; GÉLABERT et al., 2006].

Apresentam-se de seguida algumas vantagens da utilização das diatomáceas para avaliar a qualidade das águas [ALMEIDA 1998; PRYGIEL & COSTE, 2000]:

- as diatomáceas têm diversos graus de sensibilidade à poluição, principalmente à eutrofização, assim como às poluições orgânicas e minerais;
- devido às suas elevadas taxas de divisão, as diatomáceas são capazes de reagir rapidamente às modificações da qualidade das águas;
- as diatomáceas permitem uma estimativa fiável acerca da qualidade da água independentemente de variações sazonais naturais;
- a contagem de indivíduos é mais fiável e mais reprodutível do que a triagem e contagem de organismos de maiores dimensões;
- o seu tamanho microscópico permite uma amostragem fácil;
- existe actualmente muita bibliografia disponível relativamente à tolerância e sensibilidade das diatomáceas a alguns tipos mais comuns de poluição.

Contudo, também há desvantagens que estão inerentes aos métodos diatomológicos, destacando-se os seguintes:

- nada dizem acerca das causas da poluição;
- as diatomáceas são indicadoras de poluição a curto prazo, quando comparadas com os invertebrados ou peixes, porque produzem uma resposta rápida a uma situação de poluição, que implica modificação da composição e estrutura das comunidades, com a possibilidade de recuperação rápida (um mês) após poluição accidental;
- o diatomologista necessita de uma boa preparação taxonómica.

Deste modo, para se realizar uma avaliação da qualidade da água mais completa e realista há que conjugar os métodos físico-químicos e os métodos biológicos. A determinação da qualidade da água baseada em aspectos físico-químicos (níveis de nutrientes, metais, pesticidas, substâncias radioactivas, etc.) é muito importante para caracterizar o meio aquático. No entanto, a interpretação conjunta de numerosos parâmetros nem sempre é concordante. Devido a múltiplos e complexos efeitos, como a degradação de compostos, adsorção, complexação com outros, precipitação, temperatura, pressão atmosférica (que afectam a velocidade da corrente, diluição/concentração de nutrientes, o oxigénio dissolvido), a avaliação do meio aquático é quase sempre incompleta devido à dificuldade de interpretação do estado químico.

As diatomáceas ocupam inúmeros habitats no meio aquático. A amostragem de habitats distintos põe em evidência populações diatomológicas diferentes, visto que estas ocupam habitats com características específicas. Apesar disto, é impossível evitar que haja contaminação de diatomáceas de um habitat por diatomáceas de outro habitat.

À comunidade de diatomáceas que vive em superfícies imersas dá-se o nome de comunidade perifítica, e que por sua vez podem ocupar 4 diferentes habitats, caracterizado da seguinte forma:

- Superfície de pedras ou material rochosos (diatomáceas epilíticas);
- Superfície de plantas aquáticas (diatomáceas epífitas);
- Superfície e interstícios de grãos de areia (diatomáceas epipsâmicas);
- Superfície e/ou interstícios de vaza ou lodo (diatomáceas epipélicas).

O presente estudo foi realizado com a comunidade de diatomáceas epilíticas, cujo habitat é a superfície de pedras ou outro material rochoso. A escolha teve em conta a existência de pedras ao longo dos rios, o que torna as amostragens mais rápidas, simples e fáceis. Por outro lado, as pedras são facilmente colonizáveis, permitem definir uma área de amostragem com um número razoável de células e não são selectivas [GIL, 1988; ALMEIDA, 1998] para além de apresentarem maior estabilidade de fixação e consequentemente, registar mais aproximadamente as condições ecológicas e a composição química da água dos rios, ao contrário das diatomáceas ticoplancónicas que se encontram em deslocamento, devido ao fenómeno de deriva que é tanto mais importante quanto maior for a velocidade da corrente [GIL, 1998].

No entanto, algumas características das pedras, tais como, a natureza geológica, a textura e o tamanho podem afectar a colonização pelas diatomáceas [ALMEIDA, 1998].

3.3.4.1 – Amostragem e preparação do material biológico

As amostras vivas foram analisadas no laboratório em microscópio óptico antes de se proceder ao seu tratamento para ter uma ideia da quantidade de diatomáceas mortas existentes.

No laboratório, colocou-se em tubos de ensaio uma alíquota de cada amostra do material biológico não fixado proveniente da raspagem, 4ml de ácido nítrico a 65% e dicromato de potássio para efectuar a oxidação a frio. O dicromato de potássio ajuda a oxidação da matéria orgânica, mas também serve como indicador (se a solução ficar laranja é porque a adição de ácido nítrico foi

suficiente; se a solução ficar azulada então tem de se adicionar mais ácido nítrico até a solução ficar laranja, dado que corresponde a uma situação onde existe mais matéria orgânica para degradar).

Após cerca de 24 horas, as amostras foram lavadas com água destilada por centrifugação numa centrífuga (Universal 16A) e o sobrenadante decantado. Este processo foi repetido o número de vezes necessárias até remover completamente o excesso de ácido e dicromato de potássio. O “pellet” foi ressuspenso e homogeneizado em água destilada e foi colocada uma gota sobre uma lamela para que pudesse secar à temperatura ambiente de forma homogénea. Depois de seca, cada amostra foi observada ao microscópio óptico, para controlo da concentração ideal de diatomáceas, para posterior contagem. Se a concentração fosse adequada montavam-se três preparações definitivas para cada amostra, utilizando a resina NAPHRAX®. O estudo das amostras diatomológicas sob as lâminas foi realizado utilizando-se os microscópios ópticos (BioMed-Leitz e Olympus Ch30), com objectivas de imersão 100x (abertura numérica 1,32 e 1,25, respectivamente).

Procedeu-se à identificação e contagem de cerca de 400 a 500 valvas de diatomáceas por cada local de amostragem tendo em conta as suas características morfológicas (Anexo V). A identificação dos taxa baseou-se principalmente nas obras de KRAMMER & LANGE-BERTALOT (1986, 1988, 1991a, b), de GERMAIN (1981) e no guia de PRYGIEL & COSTE (2000).

Quando surgiram dúvidas taxonómicas foram realizadas novas preparações, onde se retirou uma alíquota da amostra a ser estudada e se montou sobre um suporte de alumínio revestido por placa de grafite de acordo com a recomendação de MURPHY (1982). As amostras preparadas deste modo foram secas à temperatura ambiente [JENSEN et al., 1982; SICKO-GOAD & LANZINSKY 1986; RAI et al. 1990; NAKASHIMA & MAJESWKA 1992; NAKASHIMA et al. 1993] tendo-se tido o cuidado de, durante o período de secagem, mantê-las sob uma placa de acrílico e que permitisse a livre circulação do ar (ventilação lateral), a fim de evitar partículas de pó ou outro material que pudesse contaminar a amostra.

Estas amostras foram todas rotuladas e guardadas para posterior estudo em microscópio electrónico de varrimento (JEOL JSM - 5400 e JEOL JSM – 6301F).

3.3.4.2 - Classificação da qualidade da água através de Índices Biológicos.

O uso de indicadores biológicos associados aos macroinvertebrados está mais difundido do que os indicadores biológicos associados a algas, mas muito se tem investigado neste campo, para incrementar e aperfeiçoar o uso das diatomáceas.

Os métodos biológicos utilizados quando se faz um estudo com diatomáceas são os chamados índices bióticos e índices matemáticos.

Existem vários índices que usam as diatomáceas como indicadores biológicos e nestes índices estão envolvidos um grande número de taxa. Alguns destes índices, utilizados para avaliar a qualidade da água, baseiam-se em amostras de diatomáceas principalmente epilíticas, recolhidas em material rochoso existente nos locais de amostragem.

Os índices bióticos referem-se aos índices sapróbicos SLA [SLÁDECĚK, 1986], ILM [LECLERCQ E MAQUET, 1987] e aos índices diatomológicos [DESCY, 1979]; IPS [CEMAGREF, 1984] e CEC [CEMAGREF 1982, 1984; COSTE, 1992]. Dos índices matemáticos frequentemente utilizados na avaliação da qualidade das águas salientam-se o índice de diversidade de Shannon-Wiener [*in* WASHINGTON 1984] e a equitabilidade de LLOYD & GHELARDI (1964).

Os índices sapróbicos e diatomológicos, que se baseiam no conceito de organismo indicador, estão dependentes do número de espécies presentes e do número de indivíduos de cada espécie. Estes índices medem a poluição com base nas reacções dos diferentes taxa ao meio ambiente. Os índices de diversidade revelam unicamente alterações na estrutura da comunidade que pode ou não alterar-se com a poluição [ALMEIDA, 1998].

Os índices para avaliação da qualidade da água aplicados neste estudo foram o Índice Biológico das Diatomáceas – IBD e o Índice de Polluossensibilidade Específica – IPS, assim como foi determinada a diversidade específica através do programa OMNIDIA7 versão 3.6.

A escolha dos índices IBD e IPS, escolhidos entre os vários índices biológicos existentes, teve como critério principal a sua aplicabilidade em vários estudos de avaliação de qualidade da águas, principalmente na Europa, por apresentarem importantes características, entre as quais, a fiabilidade nos resultados, como é o caso do IPS que considera no seu cálculo mais de 2000 taxa com diferentes características ecológicas.

O índice IBD por considerar um menor número de taxa (209) no seu cálculo, aumenta a facilidade de aplicação e compreensão por parte dos técnicos, sendo considerado como uma ferramenta de rotina e por já fazer parte de vários estudos para águas superficiais em países como França, Espanha, Bélgica, Itália, Inglaterra e mais recentemente em Portugal. Os índices fornecem informação teórica que é independente do número de amostras, sendo estes muito utilizados para fazer a avaliação da qualidade das águas.

Índice Poluossensibilidade Específica (IPS)

O índice de poluossensibilidade específica (IPS) deriva directamente do método de DESCY (1979) diferindo dele simplesmente na alteração de certos valores das “sensibilidades específicas” (i_i) e de “valores indicadores” (v_i). Este índice usa todos os taxa presentes nas amostras tendo em conta a sua abundância relativa, a sua sensibilidade à poluição e o seu valor indicador.

O Índice de Descy proposto em 1979, fundamentado em estudos de análise factorial em que relacionou os parâmetros físico-químicos com os taxa diatomológicos, estabeleceu cinco classes de poluossensibilidade que variam de 1 (para as diatomáceas resistentes) a 5 (para as mais sensíveis). Associa também a cada espécie um valor indicador que varia de 1 (formas mais ubíquas) a 3 (para os taxa mais característicos).

Os valores obtidos para o IPS variam de 1 a 5, tendo sido transformados por DESCY & COSTE (1988) de modo a variarem de 1 até 20 [DESCY & COSTE 1988]. O Índice de Descy tem a seguinte fórmula:

$$Id = \frac{\sum_{i=1}^n A_i I_i V_i}{\sum_{i=1}^n A_i V_i}$$

em que:

A_i – abundância relativa da espécie i ;

I_i – “índice de sensibilidade” da espécie i (varia de 1 a 5)

V_i – “valor indicador” da espécie i (varia de 1 a 3)

A transformação para os valores obtidos variarem de 1 a 20 é feita de acordo com a seguinte expressão: $Idc = 4.75 \times Id - 3.75$

Tabela 3.3

Índice Diatómico de DESCY (1979) e respectiva conversão.

Qualidade da água	Classe de qualidade da água	Id	Idc
boa	Poluição nula	> 4.5	>17.63
a	Poluição ou eutrofização fracas	4.5- 4.0	17.63- 15.25
aceitável	Eutrofização moderada	4.0- 3.5	15.25- 12.88
má	Poluição moderada ou eutrof. Importante	3.5- 3.0	12.88- 10.50
a	Poluição forte	3.0- 2.0	10.50- 5.75
muito má	Poluição muito forte	2.0- 1.0	5.75- 1.00

Índice Biológico Diatômico (IBD)

O IBD foi elaborado para aplicação, sobretudo, em águas correntes e pode ser aplicado para: (a) avaliar a qualidade biológica de uma estação bem definida; (b) estudar a evolução temporal da qualidade biológica de uma estação; e (c) verificar a evolução espacial da qualidade biológica de um curso de água e (d) avaliar as consequências de uma perturbação sobre o meio [PRYGIEL & COSTE, 2000].

Para a obtenção deste índice [IBD], é necessário calcular em ‰ a abundância (A) de cada taxon emparelhado acumulando os casos dos taxa associados, eliminar os taxa emparelhados que apresentem uma abundância inferior aos valores limiares, calcular de seguida a frequência ponderada da comunidade estudada para cada uma das sete classes da qualidade da água / utilizando a seguinte fórmula:

$$F(i) = \frac{\sum_{x=1}^n A_x P_{x(i)} V_x}{\sum_{x=1}^n A_x V_x}$$

em que:

A_x – é a abundância do taxon emparelhado X expresso em ‰;

P_{x (i)} – é a probabilidade de presença do taxon emparelhado X para a classe de qualidade de água *i*;

V_x – é o valor indicador do taxon emparelhado X;

N – é o número de taxa emparelhados retidos após aplicação dos valores limiares.

São calculados 7 valores de F(*i*) e seguidamente calcula-se um valor intermédio B de acordo com a seguinte fórmula: B = 1F(1) + 2F(2) + 3F(3) + 4F(4) + 5F(5) + 6F(6) + 7F(7)

O valor de IBD é determinado de acordo com o seguinte quadro e expresso com uma casa decimal:

Valor de B	≤ 2	2 < B < 6	≥ 6
Valor de IBD	1.0	4.75 x B - 8.5	20

Para a representação dos resultados do IBD e IPS, adoptaram-se cores de acordo com a qualidade da água (de excelente a má qualidade):

IBD	$IBD \geq 17.0$	$17.0 > IBD \geq 13.0$	$13.0 > IBD \geq 9.0$	$9.0 > IBD \geq 5.0$	$IBD < 5.0$
Cor	Excelente	Boa	Média	Mediocre	Má

Este índice varia de 1 a 20 atribuindo-se o valor zero (0) quando não há diatomáceas bênticas no meio.

Índice de Diversidade (H')

A estrutura das comunidades pode ser avaliada utilizando, entre outros, os índices de diversidade. Este parâmetro define a estrutura da comunidade de diatomáceas envolvendo as espécies e as suas abundâncias [WASHINGTON, 1984].

Os índices de diversidade estão dependentes do número de espécies presentes e do número de indivíduos de cada espécie.

Várias definições tem sido dadas para “índice de diversidade” parecendo haver consenso na bibliografia quanto à necessidade do índice ter uma componente relativa ao número de espécies e outra que meça a abundância dos indivíduos nas espécies (regularidade) [WASHINGTON, 1984], e de traduzir num único número, a relação entre duas componentes [SULLIVAN, 1984].

Têm surgido diferentes índices de diversidade ao longo do tempo. No entanto, os que derivam da teoria da informação, que se baseia no grau de incerteza ligado à identidade de qualquer espécie quando se retira um indivíduo ao acaso, são os mais conhecidos e utilizados, destacando-se o índice de Shannon-Wiener desenvolvido independentemente pelos dois autores. Em 1949 Shannon estabelece claramente a fórmula para o índice [WASHINGTON, 1984].

$$H' = \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \times \log_2 \frac{n_i}{N}$$

em que:

s – número de espécies;

n_i – número de indivíduos da espécie i ;

N – número total de indivíduos.

Segundo WASHINGTON (1984), o estudo da estrutura das comunidades de diatomáceas através dos índices de diversidade, pode ser importante devido à possibilidade de reflectir situações anómalas nas comunidades, derivadas da poluição. Contudo, este índice deve ser considerado apenas como uma medida complementar na detecção de poluição [COSTE, 1978], pois a diversidade por si só, não pode ser utilizada como um índice de qualidade da água [ARCHIBALD, 1972; GIL, 1988;

NATHAR KHAN, 1991], mas deve ser encarado como uma medida complementar na detecção de poluição [COSTE, 1978].

Os índices permitem fazer uma avaliação aproximada da qualidade da água, no entanto, a comparação entre índices bióticos e índices de diversidade deve ser feita com algum cuidado, tendo em consideração que os primeiros medem a poluição com base nas reacções dos diferentes taxa enquanto os segundos revelam unicamente alterações na estrutura da comunidade que pode ou não alterar-se com a poluição [WASHINGTON, 1984].



Capítulo 4

DISPERSÃO DOS ELEMENTOS VESTIGIAIS E SEU IMPACTO

O sedimento é uma mistura complexa de fases sólidas que pode incluir argila, sílica, matéria orgânica, óxidos metálicos (FeOOH , MnO_2 , Al_2O_3), carbonatos, sulfuretos [HART, 1982], provenientes da atmosfera, do solo transportado pelas águas e dos organismos vivos ou degradados do sistema aquoso. O sedimento é definido como “sólidos (constituídos por matéria orgânica e/ou inorgânica), suspensos ou depositados, actuando como o principal componente de uma matriz que é susceptível de ser transportada pela água” [European Sediment Research Network – SEDNET, 2003 in [W₂₂]].

Os sedimentos de linha de água, sendo um dos melhores meios concentradores de metais (FÖRSTNER, 1986) são uma fonte potencial de contaminantes nos sistemas aquáticos e portanto um dos compartimentos ambientais mais importantes para avaliar o grau de impacto numa área por “input” antropogénico ou natural [DOMINIK et al., 1984; MURRAY et al., 1999]. No que diz respeito aos estudos de impactos químicos ambientais, os sedimentos de linha de água são uma ferramenta muito importante para o estudo de poluição de origem antropogénica [SENTEN, 1989; FERREIRA DA SILVA, 1995]. A presença de metais pesados em solos e sedimentos contaminados tem sido referida em numerosos trabalhos de investigação [ALLEN et al., 1993; CARDOSO FONSECA, 1981; KELLY & THORNTON, 1996; FERREIRA DA SILVA et al., 1997; MORENO, 2000; BORG & HEDLUND, 2001; PATINHA, 2002; NUNES et al., 2003, 2005; MIKANOVA, 2006].

Alguns destes poluentes podem ser adsorvidos pelo material em suspensão ou pelas partículas de granulometria mais fina associadas aos sedimentos de fundo [FÖRSTNER, 1979]. O tamanho de partícula nos sedimentos é actualmente classificado nas seguintes categorias [GIANNINI & RICCOMINI, 2000; NASCIMENTO, 2003]: argila ($< 4 \mu\text{m}$), silte ($4 - 62 \mu\text{m}$), areia ($62 - 2000 \mu\text{m}$) e calhaus ($> 2000 \mu\text{m}$). As partículas menores que $4 \mu\text{m}$, também denominadas de fracção pelítica, são mais pobres em feldspato potássico e quartzo, mas mais ricas em argilas minerais como a montmorilonite, paragonite, muscovite e caulinite do que as partículas maiores, como o silte e a areia. Segundo WARREN (1981), a fracção pelítica é também enriquecida em ferro, não só associado aos óxidos de ferro como também às argilas e à matéria orgânica.

As argilas minerais, os oxi-hidróxidos de ferro e manganês e os minerais pesados são partículas que retêm a maioria dos metais pesados como Pb, Cd e Zn [YONG & MACDONALD, 1998]. FÖRSTNER & SALOMONS (1980), FÖRSTNER & WITTMAN (1981) e RATHA & SAHU (1993) sugerem que a análise de metais pesados seja obtida nas fracções granulométricas mais finas dos sedimentos, já

que se observa uma maior afinidade dos metais para com estas fracções e, consequentemente, constituem bons indicadores do grau de poluição dos sedimentos de linha de água.

Os metais podem estar associados a várias fases minerais do sedimento, designadamente: (a) adsorvidos nas superfícies das partículas (argilas, ácidos húmicos e oxi-hidróxidos); (b) ligados aos carbonatos; (c) ocluídos nos óxi-hidróxidos de ferro e/ou manganês; (d) ligados à matéria orgânica; (e) ligados a sulfuretos e (f) ligados à matriz [SALOMONS & FÖRSTNER, 1980; TESSIER & CAMPBELL, 1987]. O risco de contaminação da biota está relacionado, sobretudo, com os metais ligados às fases suporte menos resistentes, ou seja, os metais absorvidos às superfícies por forças iónicas, e aos carbonatos [SALOMONS, 1980]. Por outro lado, os metais ligados aos óxidos/hidróxidos de Mn (MnO_x) e de Fe (FeO_x) amorfo e a fracção associada à matéria orgânica (M.O.) podem ser mobilizadas a curto/médio prazo por mudanças na composição química dos sedimentos [SALOMONS, 1995a].

Levando-se em consideração todos estes factores é de extrema importância obter-se o máximo de informação sobre a sua origem, as suas características mineralógicas e físico-químicas, bem como os factores ambientais que controlam os processos de alteração, transporte e deposição [PROHIC & JURACIC, 1989].

4.1 – Aplicação de Análise Estatística Univariada e Bivariada

A Estatística Descritiva desenvolveu um conjunto de medidas de síntese e de representação gráficas cujo objectivo é descrever e resumir um conjunto de dados e pesquisar as estruturas anómalas presentes [SOUSA, 1988]. Para cada elemento foi efectuado tratamento estatístico univariado onde se calcularam, para os sedimentos de linha de água, os valores da média, da mediana, do mínimo, o 1º quartil, o 2º quartil, o máximo, a assimetria e curtose. Os parâmetros estatísticos foram calculados utilizando os programas *Statistica®* e *Grapher®*.

Os parâmetros estatísticos calculados a partir dos teores totais de Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn nos sedimentos de linha de água estão apresentados na tabela 4.1. Tendo em conta a análise da tabela 4.1 e dos teores totais (Anexo I – Tabelas I.1, I.2, I.3 e I.4) verifica-se que:

- as variáveis Cu, Fe, Mn, Pb e Zn apresentam valores de média superiores ao valores da mediana. O comportamento destas variáveis (variação elevada nos teores) pode indiciar a

presença de “outliers”. Os valores máximos registados para estas variáveis são significativamente mais elevados quando comparados com os restantes elementos;

- as variáveis Ag, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, P, Pb, Mn, Ni, S, Sr, Th, U e Zn, apresentam distribuições assimétricas positivas caracterizadas por valores bastante elevados do parâmetro assimetria.

Tabela 4.1

Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando a globalidade dos dados da área em estudo (matriz de dados = 414 indivíduos / 27 variáveis).

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	1º Quartil	3º Quartil	Máximo	Assimetria	Curtose
Ag	0	0.2	0.05	0.1	0.4	13.6	8.10	76.02
Al	2	2.04	0.3	1.7	2.51	4.89	0.62	0.94
As	36	22	0.05	13	39	889	9.35	109.11
Ba	65	58	1	38	84	220	1.16	1.82
Ca	0	0.12	0.005	0.07	0.16	2.17	6.97	68.65
Cd	1	0.4	0.01	0.2	0.8	11.1	5.39	37.49
Co	16	9	0.05	5	17	243	5.03	36.80
Cr	30	26	0.5	20	34	785	15.53	284.28
Cu	58	39	3	25	60	2318	15.17	271.29
Fe	3	2.49	0.46	1.9	3.61	38.72	11.12	180.50
Ga	6	6	0.05	5	7	14	0.48	0.94
K	0	0.19	0.03	0.1	0.27	0.8	1.45	2.44
La	22	20	5	17	25	58	1.44	3.02
Mg	0	0.35	0.04	0.3	0.47	1.16	1.22	2.21
Mn	403	313	12	192	474	3230	3.52	17.24
Na	0	0.005	0.0005	0.004	0.008	0.031	1.56	3.71
Ni	27	19	0.05	12	31	378	5.57	48.02
P	0	0.066	0.003	0.05	0.09	0.767	7.25	91.91
Pb	211	50	2	30	105	9285	8.57	89.04
S	0	0.04	0.001	0.03	0.06	0.57	5.40	35.64
Sc	3	2.9	0.1	2.1	4.1	10.9	1.27	1.81
Sr	10	9	2	6	13	112	6.46	76.92
Th	6	6	0.05	4	8	31	2.59	12.74
Ti	0	0.049	0.001	0.02	0.075	0.319	1.69	3.46
U	3	2	0.05	0.05	5	28	2.08	6.85
V	32	28	3	22	40	102	1.18	1.75
Zn	158	125	11	92	168	1447	4.46	28.44

Nota: Todos os valores são expressos em mg kg⁻¹ excepto as variáveis Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K e S que estão expressos em %.

Os parâmetros estatísticos calculados a partir dos teores totais de Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn individualizados pelas bacias dos rios Caima e Mau estão apresentados nas tabelas 4.2 e 4.3.

Tabela 4.2

Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando o conjunto de dados da bacia hidrográfica do rio Caima (matriz de dados = 303 indivíduos / 27 variáveis).

Variáveis	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil	Assimetria	Curtose
Ag	0	0.1	0.05	13.6	0.1	0.4	7.05	56.50
Al	2	1.99	0.3	4.64	1.57	2.4	0.58	1.11
As	42	23	2	889	14	45	8.32	84.33
Ba	62	58	1	220	38.5	82	1.38	3.39
Ca	0	0.12	0.005	0.74	0.07	0.17	2.34	8.52
Cd	1	0.4	0.01	11.1	0.2	0.7	5.38	34.12
Co	13	8	0.05	177	4	14	5.20	36.71
Cr	30	25	0.5	785	17.5	33	14.06	225.40
Cu	64	38	3	2318	21	67	13.12	201.59
Fe	3	2.23	0.46	38.72	1.78	3.28	11.24	165.88
Ga	6	6	0.05	14	5	7	0.50	1.93
K	0	0.19	0.03	0.8	0.12	0.25	1.52	3.38
La	21	19	5	56	15	24	1.46	3.34
Mg	0	0.32	0.04	1.16	0.24	0.43	1.35	2.94
Mn	381	284	12	3230	177	442	3.59	18.58
Na	0	0.005	0.0005	0.028	0.003	0.007	1.90	6.85
Ni	24	18	0.05	378	10	29	6.85	69.98
P	0	0.07	0.003	0.298	0.052	0.094	1.51	5.15
Pb	172	39	2	9285	27	73	9.30	94.61
S	0	0.04	0.001	0.57	0.03	0.06	5.20	31.20
Sc	3	2.8	0.1	10.9	2.1	3.9	1.37	2.57
Sr	9	8	2	33	6	11	1.43	3.83
Th	6	6	0.05	31	4	7	2.66	12.49
Ti	0	0.048	0.001	0.319	0.019	0.067	1.91	5.29
U	4	3	0.05	28	1	7	1.93	5.93
V	30	27	3	102	20	37	1.26	2.23
Zn	152	119	11	1447	88	160	4.63	27.57

Nota: Todas as variáveis são expressas em mg kg⁻¹ excepto o Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K e S que estão expressos em %.

Tabela 4.3

Estatística descritiva das variáveis Ag, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, La, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sc, Sr, Th, Ti, U, V e Zn considerando o conjunto de dados da bacia hidrográfica do rio Mau (matriz de dados = 75 indivíduos / 27 variáveis).

Variável	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	1º Quartil	3º Quartil	Assimetria	Curtose
Ag	0	0.2	0.05	1.7	0.1	0.4	2.30	6.03
Al	2	2.32	1.47	4.89	1.92	2.96	0.99	0.79
As	21	17	0.05	119	6	31	2.33	8.06
Ba	73	57	16	187	34	107	0.59	-0.67
Ca	0	0.11	0.01	1.79	0.07	0.14	5.46	33.81
Cd	1	0.7	0.01	3.2	0.4	1.2	1.32	1.22
Co	27	14	3	243	9	27	3.91	20.81
Cr	33	30	15	137	26	36	4.25	26.01
Cu	40	39	20	107	31	47	2.26	7.70
Fe	4	3.42	1.72	8.11	2.84	4.2	1.51	4.14
Ga	7	6	1	12	5	8	0.16	-0.80
K	0	0.19	0.04	0.7	0.07	0.34	0.86	-0.19
La	24	22	14	58	19	27	1.97	4.03
Mg	0	0.44	0.14	1.1	0.33	0.5	1.13	2.50
Mn	463	383	65	2911	273	513	4.18	23.43
Na	0	0.009	0.002	0.02	0.006	0.012	0.65	-0.08
Ni	38	26	8	227	17	40	3.00	10.41
P	0	0.06	0.034	0.767	0.045	0.072	7.19	56.40
Pb	413	135	29	2995	67	405	2.50	6.30
S	0	0.05	0.02	0.29	0.04	0.07	3.32	14.77
Sc	4	3.8	1.4	9	2.1	5.1	0.57	-0.39
Sr	15	13	4	112	9	17	6.08	45.80
Th	6	6	3	20	5	8	2.61	13.48
Ti	0	0.046	0.002	0.29	0.004	0.107	1.19	0.85
U	1	0.05	0.05	5	0.05	1	2.19	4.83
V	41	37	22	89	28	49	1.05	0.71
Zn	185	150	41	518	118	253	1.15	0.98

Nota: Todas as variáveis são expressas em mg kg⁻¹ excepto o Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K e S que estão expressos em %.

Uma análise comparativa entre os resultados da tabela 4.2 e 4.3 permite-nos verificar que a bacia do rio Mau apresenta valores da média das variáveis Ba, Co, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr e Zn mais elevados quando comparados com os valores da bacia do rio Caima. As variáveis Th, Cd, Ca, P, La, Cr, Mg, Ti, Al, Na, K, Sc, S e Ga apresentam valores da média semelhantes para as duas bacias.

Tabela 4.4 – Matriz de correlação entre as variáveis químicas consideradas para a área em estudo (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=414)

	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	V	Ca	P	L	Cr	Mg	Ba	Ti	Al	Na	K	Sc	S	Ga
Cu	1.00	0.22	0.10	0.43	0.10	0.06	0.02	0.00	0.56	0.02	-0.04	0.03	0.06	-0.02	0.10	0.09	-0.01	0.03	0.02	0.02	-0.03	-0.01	-0.01	-0.01	0.00	0.16	0.02
Pb	0.22	1.00	0.63	0.62	0.21	0.17	0.13	0.20	0.16	-0.16	0.03	0.00	0.57	-0.02	0.01	-0.04	0.05	-0.02	0.08	-0.11	-0.12	-0.01	-0.09	-0.13	-0.05	0.71	-0.10
Zn	0.10	0.63	1.00	0.49	0.50	0.38	0.28	0.20	0.05	-0.09	0.03	0.23	0.88	0.02	0.23	0.24	0.10	0.16	0.14	0.12	-0.12	0.04	0.16	-0.07	-0.02	0.66	-0.09
Ag	0.43	0.62	0.49	1.00	0.39	0.03	0.01	0.07	0.30	-0.01	0.00	-0.01	0.31	-0.05	0.05	0.15	-0.06	0.48	-0.01	0.04	-0.08	-0.03	-0.03	-0.06	-0.07	0.48	-0.06
Ni	0.10	0.21	0.50	0.39	1.00	0.69	0.52	0.30	0.10	-0.27	-0.02	0.27	0.49	0.16	0.10	0.11	0.29	0.60	0.18	0.17	-0.17	0.08	0.24	-0.17	0.07	0.24	-0.05
Co	0.06	0.17	0.38	0.03	0.69	1.00	0.72	0.41	0.11	-0.30	0.03	0.27	0.50	0.10	0.06	-0.01	0.37	0.02	0.13	0.04	-0.23	0.08	0.27	-0.24	0.02	0.18	-0.14
Mn	0.02	0.13	0.28	0.01	0.52	0.72	1.00	0.46	0.06	-0.27	0.09	0.35	0.35	0.14	0.19	0.04	0.38	0.03	0.20	0.28	-0.16	0.15	0.28	-0.15	0.16	0.15	0.00
Fe	0.00	0.20	0.20	0.07	0.30	0.41	0.46	1.00	0.12	-0.35	0.01	0.15	0.26	0.23	0.01	-0.07	0.20	0.07	0.24	0.17	-0.08	0.13	0.28	-0.11	0.19	0.18	-0.02
As	0.56	0.16	0.05	0.30	0.10	0.11	0.06	0.12	1.00	0.02	0.19	-0.05	0.09	-0.14	-0.04	-0.01	0.13	-0.06	-0.15	-0.14	-0.20	-0.08	-0.16	-0.19	-0.11	0.14	-0.15
U	0.02	-0.16	-0.09	-0.01	-0.27	-0.30	-0.27	-0.35	0.02	1.00	0.24	-0.17	-0.17	-0.42	0.01	0.27	-0.15	-0.08	-0.39	-0.26	-0.04	-0.03	-0.22	0.03	-0.35	-0.10	0.01
Th	-0.04	0.03	0.03	0.00	-0.02	0.03	0.09	0.01	0.19	0.24	1.00	-0.05	-0.01	-0.10	-0.05	0.01	0.61	-0.02	0.01	-0.08	0.05	0.06	-0.12	0.08	0.05	-0.04	0.02
Sr	0.03	0.00	0.23	-0.01	0.27	0.27	0.35	0.15	-0.05	-0.17	-0.05	1.00	0.19	0.19	0.72	0.33	0.17	0.06	0.22	0.41	-0.02	0.23	0.56	0.02	0.17	0.08	0.14
Cd	0.06	0.57	0.88	0.31	0.49	0.50	0.35	0.26	0.09	-0.17	-0.01	0.19	1.00	0.05	0.13	0.07	0.17	0.02	0.11	0.06	-0.17	0.04	0.11	-0.16	-0.01	0.60	-0.10
V	-0.02	-0.02	0.02	-0.05	0.16	0.10	0.14	0.23	-0.14	-0.42	-0.10	0.19	0.05	1.00	0.04	-0.06	0.06	0.30	0.81	0.69	0.63	0.69	0.45	0.59	0.92	-0.05	0.72
Ca	0.10	0.01	0.23	0.05	0.10	0.06	0.19	0.01	-0.04	0.01	-0.05	0.72	0.13	0.04	1.00	0.59	0.01	0.07	0.11	0.28	-0.02	0.05	0.41	0.04	0.06	0.14	0.04
P	0.09	-0.04	0.24	0.15	0.11	-0.01	0.04	-0.07	-0.01	0.27	0.01	0.33	0.07	-0.06	0.59	1.00	-0.04	0.18	-0.02	0.13	-0.03	0.07	0.23	0.05	-0.07	0.19	0.05
La	-0.01	0.05	0.10	-0.06	0.29	0.37	0.38	0.20	0.13	-0.15	0.61	0.17	0.17	0.06	0.01	-0.04	1.00	0.00	0.15	0.02	-0.18	0.15	0.01	-0.18	0.10	0.01	0.02
Cr	0.03	-0.02	0.16	0.48	0.60	0.02	0.03	0.07	-0.06	-0.08	-0.02	0.06	0.02	0.30	0.07	0.18	0.00	1.00	0.24	0.32	0.18	0.18	0.14	0.17	0.25	0.01	0.22
Mg	0.02	0.08	0.14	-0.01	0.18	0.13	0.20	0.24	-0.15	-0.39	0.01	0.22	0.11	0.81	0.11	-0.02	0.15	0.24	1.00	0.63	0.60	0.62	0.39	0.59	0.76	0.06	0.63
Ba	0.02	-0.11	0.12	0.04	0.17	0.04	0.28	0.17	-0.14	-0.26	-0.08	0.41	0.06	0.69	0.28	0.13	0.02	0.32	0.63	1.00	0.66	0.57	0.55	0.67	0.74	-0.04	0.65
Ti	-0.03	-0.12	-0.12	-0.08	-0.17	-0.23	-0.16	-0.08	-0.20	-0.04	0.05	-0.02	-0.17	0.63	-0.02	-0.03	-0.18	0.18	0.60	0.66	1.00	0.53	0.33	0.96	0.73	-0.18	0.69
Al	-0.01	-0.01	0.04	-0.03	0.08	0.08	0.15	0.13	-0.08	-0.03	0.06	0.23	0.04	0.69	0.05	0.07	0.15	0.18	0.62	0.57	0.53	1.00	0.39	0.53	0.67	-0.05	0.86
Na	-0.01	-0.09	0.16	-0.03	0.24	0.27	0.28	0.28	-0.16	-0.22	-0.12	0.56	0.11	0.45	0.41	0.23	0.01	0.14	0.39	0.55	0.33	0.39	1.00	0.39	0.41	0.00	0.34
K	-0.01	-0.13	-0.07	-0.06	-0.17	-0.24	-0.15	-0.11	-0.19	0.03	0.08	0.02	-0.16	0.59	0.04	0.05	-0.18	0.17	0.59	0.67	0.96	0.53	0.39	1.00	0.70	-0.17	0.71
Sc	0.00	-0.05	-0.02	-0.07	0.07	0.02	0.16	0.19	-0.11	-0.35	0.05	0.17	-0.01	0.92	0.06	-0.07	0.10	0.25	0.76	0.74	0.73	0.67	0.41	0.70	1.00	-0.09	0.73
S	0.16	0.71	0.66	0.48	0.24	0.18	0.15	0.18	0.14	-0.10	-0.04	0.08	0.60	-0.05	0.14	0.19	0.01	0.01	0.06	-0.04	-0.18	-0.05	0.00	-0.17	-0.09	1.00	-0.14
Ga	0.02	-0.10	-0.09	-0.06	-0.05	-0.14	0.00	-0.02	-0.15	0.01	0.02	0.14	-0.10	0.72	0.04	0.05	0.02	0.22	0.63	0.65	0.69	0.86	0.34	0.71	0.73	-0.14	1.00

Tabela 4.5 – Matriz de correlação entre as variáveis químicas da bacia hidrográfica do rio Caima (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=303)

	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	Al	Na	K	Sc	S	Ga
Cu	1.00	0.24	0.10	0.43	0.12	0.09	0.01	0.00	0.57	0.00	-0.04	0.08	0.06	0.00	0.15	0.13	-0.01	0.03	0.05	0.04	-0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.16	0.05
Pb	0.24	1.00	0.63	0.66	0.18	0.15	0.09	0.19	0.17	-0.13	0.03	-0.01	0.56	-0.04	0.03	-0.03	0.04	-0.03	0.09	-0.10	-0.14	-0.01	-0.13	-0.14	-0.05	0.74	-0.12
Zn	0.10	0.63	1.00	0.51	0.49	0.39	0.24	0.18	0.04	-0.06	0.05	0.25	0.88	0.02	0.34	0.34	0.12	0.18	0.15	0.17	-0.11	0.06	0.13	-0.07	-0.01	0.68	-0.07
Ag	0.43	0.66	0.51	1.00	0.48	0.05	0.00	0.08	0.29	-0.03	0.00	0.01	0.32	-0.05	0.11	0.25	-0.05	0.49	0.00	0.05	-0.10	-0.02	0.00	-0.08	-0.07	0.49	-0.07
Ni	0.12	0.18	0.49	0.48	1.00	0.64	0.45	0.24	0.09	-0.24	-0.02	0.33	0.49	0.25	0.24	0.21	0.25	0.74	0.26	0.33	-0.10	0.12	0.18	-0.09	0.19	0.23	0.05
Co	0.09	0.15	0.39	0.05	0.64	1.00	0.71	0.40	0.14	-0.29	0.03	0.41	0.57	0.21	0.23	0.00	0.41	0.04	0.25	0.23	-0.17	0.15	0.20	-0.17	0.17	0.17	0.01
Mn	0.01	0.09	0.24	0.00	0.45	0.71	1.00	0.45	0.06	-0.28	0.09	0.54	0.35	0.21	0.33	0.04	0.41	0.03	0.23	0.42	-0.14	0.18	0.31	-0.12	0.27	0.13	0.07
Fe	0.00	0.19	0.18	0.08	0.24	0.40	0.45	1.00	0.13	-0.30	-0.01	0.21	0.24	0.22	0.06	-0.11	0.14	0.05	0.23	0.25	-0.07	0.09	0.31	-0.10	0.20	0.18	-0.02
As	0.57	0.17	0.04	0.29	0.09	0.14	0.06	0.13	1.00	-0.02	0.21	0.02	0.09	-0.09	-0.01	0.00	0.15	-0.05	-0.11	-0.09	-0.17	-0.03	-0.13	-0.17	-0.06	0.14	-0.10
U	0.00	-0.13	-0.06	-0.03	-0.24	-0.29	-0.28	-0.30	-0.02	1.00	0.30	-0.15	-0.15	-0.42	0.04	0.43	-0.07	-0.07	-0.40	-0.33	-0.05	0.07	-0.12	0.04	-0.38	-0.10	0.04
Th	-0.04	0.03	0.05	0.00	-0.02	0.03	0.09	-0.01	0.21	0.30	1.00	0.04	0.00	-0.14	0.06	0.15	0.62	-0.03	-0.05	-0.07	0.07	0.05	-0.17	0.11	0.05	-0.02	0.02
Sr	0.08	-0.01	0.25	0.01	0.33	0.41	0.54	0.21	0.02	-0.15	0.04	1.00	0.23	0.34	0.69	0.29	0.36	0.11	0.36	0.57	-0.02	0.37	0.52	0.04	0.35	0.10	0.27
Cd	0.06	0.56	0.88	0.32	0.49	0.57	0.35	0.24	0.09	-0.15	0.00	0.23	1.00	0.08	0.22	0.11	0.20	0.03	0.16	0.11	-0.16	0.06	0.08	-0.15	0.03	0.60	-0.08
V	0.00	-0.04	0.02	-0.05	0.25	0.21	0.21	0.22	-0.09	-0.42	-0.14	0.34	0.08	1.00	0.09	-0.05	0.09	0.27	0.82	0.70	0.59	0.62	0.47	0.54	0.91	-0.03	0.70
Ca	0.15	0.03	0.34	0.11	0.24	0.23	0.33	0.06	-0.01	0.04	0.06	0.69	0.22	0.09	1.00	0.51	0.15	0.11	0.17	0.35	-0.05	0.15	0.40	0.04	0.10	0.18	0.09
P	0.13	-0.03	0.34	0.25	0.21	0.00	0.04	-0.11	0.00	0.43	0.15	0.29	0.11	-0.05	0.51	1.00	0.04	0.28	-0.02	0.23	0.04	0.20	0.28	0.15	-0.06	0.19	0.14
La	-0.01	0.04	0.12	-0.05	0.25	0.41	0.41	0.14	0.15	-0.07	0.62	0.36	0.20	0.09	0.15	0.04	1.00	0.00	0.16	0.15	-0.13	0.19	-0.04	-0.12	0.20	0.02	0.11
Cr	0.03	-0.03	0.18	0.49	0.74	0.04	0.03	0.05	-0.05	-0.07	-0.03	0.11	0.03	0.27	0.11	0.28	0.00	1.00	0.21	0.33	0.16	0.14	0.15	0.15	0.22	0.01	0.20
Mg	0.05	0.09	0.15	0.00	0.26	0.25	0.23	0.23	-0.11	-0.40	-0.05	0.36	0.16	0.82	0.17	-0.02	0.16	0.21	1.00	0.63	0.55	0.56	0.36	0.52	0.76	0.11	0.61
Ba	0.04	-0.10	0.17	0.05	0.33	0.23	0.42	0.25	-0.09	-0.33	-0.07	0.57	0.11	0.70	0.35	0.23	0.15	0.33	0.63	1.00	0.57	0.52	0.64	0.57	0.74	-0.02	0.57
Ti	-0.01	-0.14	-0.11	-0.10	-0.10	-0.17	-0.14	-0.07	-0.17	-0.05	0.07	-0.02	-0.16	0.59	-0.05	0.04	-0.13	0.16	0.55	0.57	1.00	0.47	0.37	0.96	0.67	-0.18	0.62
Al	0.02	-0.01	0.06	-0.02	0.12	0.15	0.18	0.09	-0.03	0.07	0.05	0.37	0.06	0.62	0.15	0.20	0.19	0.14	0.56	0.52	0.47	1.00	0.39	0.48	0.62	-0.03	0.88
Na	0.01	-0.13	0.13	0.00	0.18	0.20	0.31	0.31	-0.13	-0.12	-0.17	0.52	0.08	0.47	0.40	0.28	-0.04	0.15	0.36	0.64	0.37	0.39	1.00	0.46	0.47	-0.02	0.42
K	0.02	-0.14	-0.07	-0.08	-0.09	-0.17	-0.12	-0.10	-0.17	0.04	0.11	0.04	-0.15	0.54	0.04	0.15	-0.12	0.15	0.52	0.57	0.96	0.48	0.46	1.00	0.63	-0.17	0.64
Sc	0.01	-0.05	-0.01	-0.07	0.19	0.17	0.27	0.20	-0.06	-0.38	0.05	0.35	0.03	0.91	0.10	-0.06	0.20	0.22	0.76	0.74	0.67	0.62	0.47	0.63	1.00	-0.07	0.68
S	0.16	0.74	0.68	0.49	0.23	0.17	0.13	0.18	0.14	-0.10	-0.02	0.10	0.60	-0.03	0.18	0.19	0.02	0.01	0.11	-0.02	-0.18	-0.03	-0.02	-0.17	-0.07	1.00	-0.14
Ga	0.05	-0.12	-0.07	-0.07	0.05	0.01	0.07	-0.02	-0.10	0.04	0.02	0.27	-0.08	0.70	0.09	0.14	0.11	0.20	0.61	0.57	0.62	0.88	0.42	0.64	0.68	-0.14	1.00

Tabela 4.6 – Matriz de correlação entre as variáveis químicas da bacia hidrográfica do rio Mau (coeficiente de Pearson). $P < 0.05$ (N=75)

	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	V	Ca	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	Al	Na	K	Sc	S	Ga
Cu	1.00	0.42	0.45	0.31	0.56	0.45	0.49	0.50	0.51	-0.25	0.08	0.14	0.41	-0.13	0.12	0.11	0.29	-0.05	-0.18	-0.31	-0.34	-0.23	0.01	-0.32	-0.22	0.35	-0.32
Pb	0.42	1.00	0.67	0.67	0.30	0.19	0.35	0.32	0.38	-0.16	0.12	-0.10	0.62	-0.14	-0.05	-0.08	0.06	-0.03	0.03	-0.25	-0.18	-0.21	-0.27	-0.18	-0.15	0.62	-0.18
Zn	0.45	0.67	1.00	0.54	0.60	0.47	0.58	0.38	0.41	-0.20	-0.02	0.22	0.89	-0.27	0.13	0.12	-0.01	-0.14	-0.03	-0.18	-0.26	-0.32	0.15	-0.24	-0.29	0.53	-0.33
Ag	0.31	0.67	0.54	1.00	0.17	0.17	0.29	0.26	0.26	-0.06	0.13	-0.08	0.54	-0.05	-0.06	-0.08	0.05	0.01	0.03	-0.13	-0.11	-0.08	-0.11	-0.08	-0.05	0.57	-0.08
Ni	0.56	0.30	0.60	0.17	1.00	0.76	0.75	0.55	0.61	-0.21	-0.02	0.16	0.60	-0.31	-0.06	0.00	0.32	-0.08	-0.17	-0.27	-0.34	-0.29	0.31	-0.36	-0.38	0.33	-0.45
Co	0.45	0.19	0.47	0.17	0.76	1.00	0.88	0.66	0.45	-0.23	-0.02	0.09	0.58	-0.33	-0.09	0.00	0.21	-0.19	-0.27	-0.31	-0.36	-0.30	0.30	-0.38	-0.38	0.27	-0.52
Mn	0.49	0.35	0.58	0.29	0.75	0.88	1.00	0.61	0.37	-0.07	-0.06	0.25	0.66	-0.19	0.10	0.06	0.13	-0.10	-0.09	-0.05	-0.16	-0.12	0.32	-0.17	-0.21	0.39	-0.30
Fe	0.50	0.32	0.38	0.26	0.55	0.66	0.61	1.00	0.56	-0.43	0.21	-0.08	0.53	0.00	-0.17	0.00	0.30	0.11	-0.07	-0.37	-0.30	0.00	0.10	-0.36	-0.19	0.30	-0.38
As	0.51	0.38	0.41	0.26	0.61	0.45	0.37	0.56	1.00	-0.33	0.22	-0.08	0.39	-0.46	-0.21	-0.13	0.52	-0.19	-0.37	-0.60	-0.59	-0.34	-0.07	-0.61	-0.57	0.23	-0.58
U	-0.25	-0.16	-0.20	-0.06	-0.21	-0.23	-0.07	-0.43	-0.33	1.00	0.01	0.10	-0.25	0.12	0.10	0.08	-0.06	0.12	0.26	0.50	0.26	0.35	0.08	0.41	0.19	-0.14	0.54
Th	0.08	0.12	-0.02	0.13	-0.02	-0.02	-0.06	0.21	0.22	0.01	1.00	-0.21	-0.04	0.06	-0.26	-0.28	0.59	0.14	0.18	-0.08	0.01	0.12	-0.16	0.02	0.04	-0.17	0.03
Sr	0.14	-0.10	0.22	-0.08	0.16	0.09	0.25	-0.08	-0.08	0.10	-0.21	1.00	0.14	-0.11	0.83	0.34	-0.13	-0.03	-0.02	0.25	-0.06	-0.03	0.51	-0.02	-0.08	0.06	-0.03
Cd	0.41	0.62	0.89	0.54	0.60	0.58	0.66	0.53	0.39	-0.25	-0.04	0.14	1.00	-0.28	-0.02	-0.01	0.03	-0.16	-0.15	-0.24	-0.32	-0.29	0.13	-0.33	-0.32	0.60	-0.38
V	-0.13	-0.14	-0.27	-0.05	-0.31	-0.33	-0.19	0.00	-0.46	0.12	0.06	-0.11	-0.28	1.00	-0.01	-0.05	-0.25	0.73	0.69	0.71	0.77	0.78	0.16	0.74	0.94	-0.13	0.77
Ca	0.12	-0.05	0.13	-0.06	-0.06	-0.09	0.10	-0.17	-0.21	0.10	-0.26	0.83	-0.02	-0.01	1.00	0.69	-0.23	0.05	0.07	0.23	0.01	-0.04	0.33	0.07	0.05	0.15	0.06
P	0.11	-0.08	0.12	-0.08	0.00	0.00	0.06	0.00	-0.13	0.08	-0.28	0.34	-0.01	-0.05	0.69	1.00	-0.17	0.04	0.04	0.03	-0.08	-0.08	0.24	-0.01	-0.08	0.28	-0.02
La	0.29	0.06	-0.01	0.05	0.32	0.21	0.13	0.30	0.52	-0.06	0.59	-0.13	0.03	-0.25	-0.23	-0.17	1.00	-0.01	-0.09	-0.31	-0.30	-0.11	-0.23	-0.33	-0.31	-0.10	-0.26
Cr	-0.05	-0.03	-0.14	0.01	-0.08	-0.19	-0.10	0.11	-0.19	0.12	0.14	-0.03	-0.16	0.73	0.05	0.04	-0.01	1.00	0.68	0.52	0.46	0.56	0.18	0.44	0.63	-0.04	0.49
Mg	-0.18	0.03	-0.03	0.03	-0.17	-0.27	-0.09	-0.07	-0.37	0.26	0.18	-0.02	-0.15	0.69	0.07	0.04	-0.09	0.68	1.00	0.67	0.76	0.61	0.11	0.78	0.73	-0.08	0.64
Ba	-0.31	-0.25	-0.18	-0.13	-0.27	-0.31	-0.05	-0.37	-0.60	0.50	-0.08	0.25	-0.24	0.71	0.23	0.03	-0.31	0.52	0.67	1.00	0.82	0.69	0.36	0.86	0.78	-0.18	0.81
Ti	-0.34	-0.18	-0.26	-0.11	-0.34	-0.36	-0.16	-0.30	-0.59	0.26	0.01	-0.06	-0.32	0.77	0.01	-0.08	-0.30	0.46	0.76	0.82	1.00	0.72	0.16	0.96	0.88	-0.20	0.81
Al	-0.23	-0.21	-0.32	-0.08	-0.29	-0.30	-0.12	0.00	-0.34	0.35	0.12	-0.03	-0.29	0.78	-0.04	-0.08	-0.11	0.56	0.61	0.69	0.72	1.00	0.17	0.69	0.78	-0.21	0.80
Na	0.01	-0.27	0.15	-0.11	0.31	0.30	0.32	0.10	-0.07	0.08	-0.16	0.51	0.13	0.16	0.33	0.24	-0.23	0.18	0.11	0.36	0.16	0.17	1.00	0.17	0.09	0.08	0.03
K	-0.32	-0.18	-0.24	-0.08	-0.36	-0.38	-0.17	-0.36	-0.61	0.41	0.02	-0.02	-0.33	0.74	0.07	-0.01	-0.33	0.44	0.78	0.86	0.96	0.69	0.17	1.00	0.85	-0.20	0.85
Sc	-0.22	-0.15	-0.29	-0.05	-0.38	-0.38	-0.21	-0.19	-0.57	0.19	0.04	-0.08	-0.32	0.94	0.05	-0.08	-0.31	0.63	0.73	0.78	0.88	0.78	0.09	0.85	1.00	-0.20	0.85
S	0.35	0.62	0.53	0.57	0.33	0.27	0.39	0.30	0.23	-0.14	-0.17	0.06	0.60	-0.13	0.15	0.28	-0.10	-0.04	-0.08	-0.18	-0.20	-0.21	0.08	-0.20	-0.20	1.00	-0.25
Ga	-0.32	-0.18	-0.33	-0.08	-0.45	-0.52	-0.30	-0.38	-0.58	0.54	0.03	-0.03	-0.38	0.77	0.06	-0.02	-0.26	0.49	0.64	0.81	0.81	0.80	0.03	0.85	0.85	-0.25	1.00

Refira-se, no entanto, que os valores máximos mais elevados das variáveis Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Mn, Fe, As, U, Th, Cd, V, Cr, Mg, Ba, Ti e S foram registados na bacia do rio Caima devido à presença nesta bacia de várias minas (Coval da Mó, Palhal, Telhadela).

As tabelas 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam os valores dos coeficientes de correlação de Pearson considerando a globalidade dos dados e individualizando as duas bacias (rio Caima e rio Mau). Considerando-se a globalidade das amostras verifica-se que os maiores valores do coeficiente de Pearson correspondem ao pares de variáveis Cd/Zn, Pb/S, Co/Mn, Pb/Zn, Pb/Ag, Ni/Co, Ni/Cr, Th/La e Zn/S. Estes pares de variáveis mantêm o mesmo comportamento quando se individualiza as duas bacias (Tabelas 4.5 e 4.6).

4.2 – Aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP)

Com o objectivo de caracterizar a área em estudo utilizou-se uma técnica estatística multivariada, a Análise em Componentes Principais (ACP) com recurso ao programa *Statistica*®. A ACP [LEBART et al., 1982; JAMBU, 1989] tem sido utilizada na determinação das estruturas dominantes subjacentes em dados geoquímicos.

O estudo de dados geoquímicos com aplicação do método da ACP permite uma maior compreensão e interpretação das informações tendo-se em consideração a separação de associações de elementos inerentes à estrutura da matriz de correlação que, conjuntamente, representam grande parte da variabilidade observada dos dados originais.

O conjunto inicial de dados utilizado, com o intuito de separar a componente geogénica da componente antrópica (actividade poluitiva), é constituído por uma matriz com 414 amostras (indivíduos) e 27 variáveis activas. As variáveis activas consideradas foram as seguintes: Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, Na, Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Ag, Mn, Ca, P, Sr, Th, La, As, Cr, Cu, Fe e U.

Na aplicação da Análise em Componentes Principais (ACP) deteve-se um número limitado de factores explicativos de uma quantidade importante de variância. A retenção do número de factores teve em consideração um critério empírico na base na retenção dos valores próprios superiores a 1 [DAVIS, 1973, 1986], tendo sido seleccionados 6 eixos. Os primeiros valores próprios foram escolhidos depois da recomendação por JIMENEZ-ESPINOSA et al., (1993) porque os valores próprios adicionais explicam somente uma parcela menor da variação.

A tabela 4.7 apresenta as componentes principais retidas, após transformação logarítmica dos dados.

Tabela 4.7

Resultados da ACP para amostras de sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau, após transformação logarítmica dos dados.

Variável	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	Eixo 5	Eixo 6
Ag	0.0084	-0.5224	-0.6545	-0.0606	0.1151	0.2991
Al	0.7775	0.0899	-0.0361	-0.0728	0.1884	-0.1321
As	-0.1812	-0.2655	-0.1770	-0.1917	0.5124	0.3276
Ba	0.8628	0.0169	-0.0129	0.1437	-0.0168	0.0738
Ca	0.2282	-0.2693	0.0408	0.8038	0.0725	-0.0484
Cd	0.1014	-0.7803	-0.1449	-0.0878	-0.1591	-0.3363
Co	0.1449	-0.6754	0.4824	-0.1327	0.0047	0.0619
Cr	0.3490	-0.1805	-0.2332	0.0388	0.0630	0.5590
Cu	-0.0005	-0.2356	-0.3821	-0.0206	0.3710	0.4270
Fe	0.2419	-0.4420	0.3151	-0.2416	-0.1001	0.0726
Ga	0.8045	0.2973	-0.1573	-0.0438	0.1594	-0.0817
K	0.7452	0.4182	-0.2897	0.0082	0.0636	-0.1189
La	0.0955	-0.3191	0.4506	-0.2398	0.5860	-0.2048
Mg	0.8394	-0.0315	-0.0109	-0.1894	-0.0427	-0.0625
Mn	0.2631	-0.5817	0.5119	-0.0404	0.0848	0.0080
Na	0.6243	-0.1622	0.2087	0.3811	-0.1151	0.0491
Ni	0.2316	-0.7182	0.1394	-0.056	0.0234	0.3753
P	0.0949	-0.1878	-0.1794	0.7338	0.2166	-0.0306
Pb	-0.0224	-0.6226	-0.4929	-0.2618	-0.1035	-0.2832
S	-0.0240	-0.6562	-0.4434	-0.0285	-0.1503	-0.3079
Sc	0.8973	0.1482	-0.0057	-0.2043	0.0184	-0.0037
Sr	0.3793	-0.3508	0.2823	0.6119	0.0379	-0.0191
Th	-0.0155	-0.0294	0.1102	-0.1835	0.7710	-0.3657
Ti	0.7440	0.4356	-0.2684	-0.0803	0.0143	-0.0900
U	-0.3196	0.2801	-0.2838	0.3248	0.4129	-0.2192
V	0.8905	0.0746	0.0140	-0.2101	-0.1114	0.0654
Zn	0.1357	-0.7853	-0.3254	0.0563	-0.1133	-0.3022
Valor próprio	6.50073	4.90908	2.47529	2.26040	1.76189	1.51074
Variância	24.08	18.18	9.17	8.37	6.53	5.60
Variância ac.	24.08	42.26	51.43	59.80	66.33	71.93

Nesta tabela estão incluídas as coordenadas das variáveis em cada componente principal (pesos), os valores próprios, a variância explicada por cada componente principal e a variância

acumulada. Os pesos dentro de cada componente principal superiores a 0.5 foram assinalados a vermelho. Dos dados da tabela verifica-se que os 6 primeiros eixos explicam 71.93% da variância total acumulada.

Da análise da tabela 4.7 conclui-se que as variáveis com maiores valores de coordenadas, para os seis primeiros eixos, são:

Eixo 1: Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, e Na;

Eixo 2: Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, e Ag;

Eixo 3: Mn em oposição à variável Ag

Eixo 4: Ca, P, Sr;

Eixo 5: Th, La, As;

Eixo 6: Cr.

No eixo 1, com uma percentagem de variância explicada de 24.08% encontram-se bem representadas 9 das 26 variáveis activas (Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, e Na), todas com coordenadas positivas.

O eixo 2, com uma variância explicada de 18.18%, explica as variáveis Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, e Ag, todas com coordenadas negativas. Contudo é de referir que duas destas variáveis são simultaneamente explicadas em dois eixos. É o caso das variáveis Ag e Mn que são explicadas pelo eixo 3.

O eixo 3 explica a variável Mn em oposição à Ag. Este eixo apresenta uma percentagem de variância explicada de 9.17%.

Refira-se que as variáveis Cu e U não são explicadas nos 6 primeiros eixos.

A visualização das projecções das variáveis nos planos factoriais mais representativos, permite distinguir as proximidades e oposições existentes entre elas [CARDOSO FONSECA et al., 1995]. Para avaliar a qualidade da representação das variáveis em cada plano, efectuou-se a projecção das variáveis nos diferentes planos factoriais. Na figura 4.2 encontra-se representado o primeiro plano factorial, constituído pelos eixos 1 e 2 (a), e o segundo plano factorial, constituído pelos eixos 1 e 3 (b).

Da análise da figura 4.1 e da tabela 4.7 verifica-se que o primeiro plano factorial, constituído pelos eixos 1 e 2, contém 42.26% da informação contida na matriz do coeficiente de correlação entre as variáveis que caracterizam os indivíduos que constituem a totalidade da amostragem. As variáveis melhor explicadas neste plano são: Ti, K, Ga, Al, Sc, V, Ba, Mg, Na (eixo 1) e Pb, S, Co, Ni, Zn, Cd, Ag e Mn (eixo 2) que representam 63% do número total de variáveis.

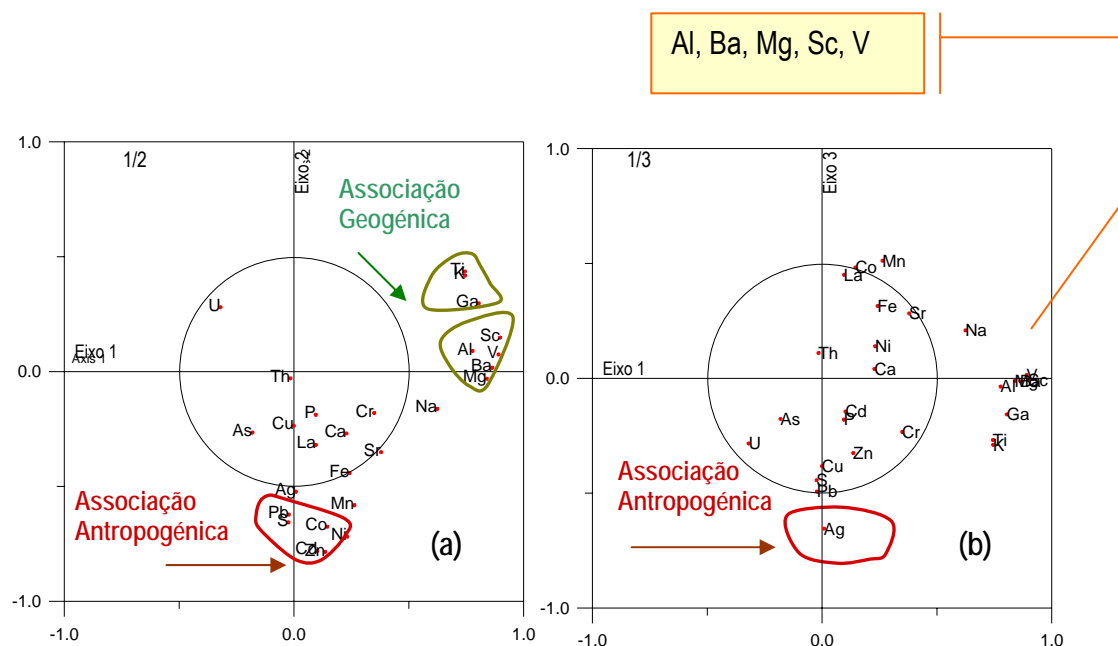


Figura 4.1

Análise em Componentes Principais: projecção das coordenadas das 27 variáveis nos 2 primeiros planos factoriais.

O segundo plano factorial formado pelos eixos 1 e 3 (Figura 4.1b), tem uma representatividade ligeiramente inferior à do primeiro plano factorial, uma vez que contém 33.25% da variância total.

A distribuição espacial poderá revelar determinadas características/associações que afectam as distribuições dos elementos a nível local. Os mapas foram efectuados utilizando como estimador a krigagem utilizando o programa Surfer®. As figuras 4.2 e 4.3 apresentam a cartografia dos *scores* das amostras nos eixos 1 e 2 respectivamente, permitindo visualizar a contribuição estimada de cada factor em cada amostra.

A associação do Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, e Na, fortemente correlacionada com a componente principal 1, é uma associação que reflecte as características geológicas das bacias do rio Caima e do rio Mau. A cartografia dos *scores* (Figura 4.2) permite evidenciar uma faixa com valores superiores a 1 que está associada claramente aos materiais do Complexo Xisto Grauváquico (CXG - Grupo das Beiras Indiferenciado).

O CXG é composto por materiais xistentos e grauvacóides com algumas intercalações conglomeráticas [CARRINGTON DA COSTA 1950]. Na proximidade do contacto, o CXG é composto essencialmente por intercalações de filitos e de metagrauvaques típicas de uma série ‘flyschóide’.

Os metagrauvaques são de grão fino a médio e têm uma matriz quartzo-micácea abundante, a qual é constituída por clastos quartzo-feldspáticos e por raros elementos líticos [e.g., SEVERO GONÇALVES, 1974, PEREIRA et al., 1980; AGUADO, 1992].

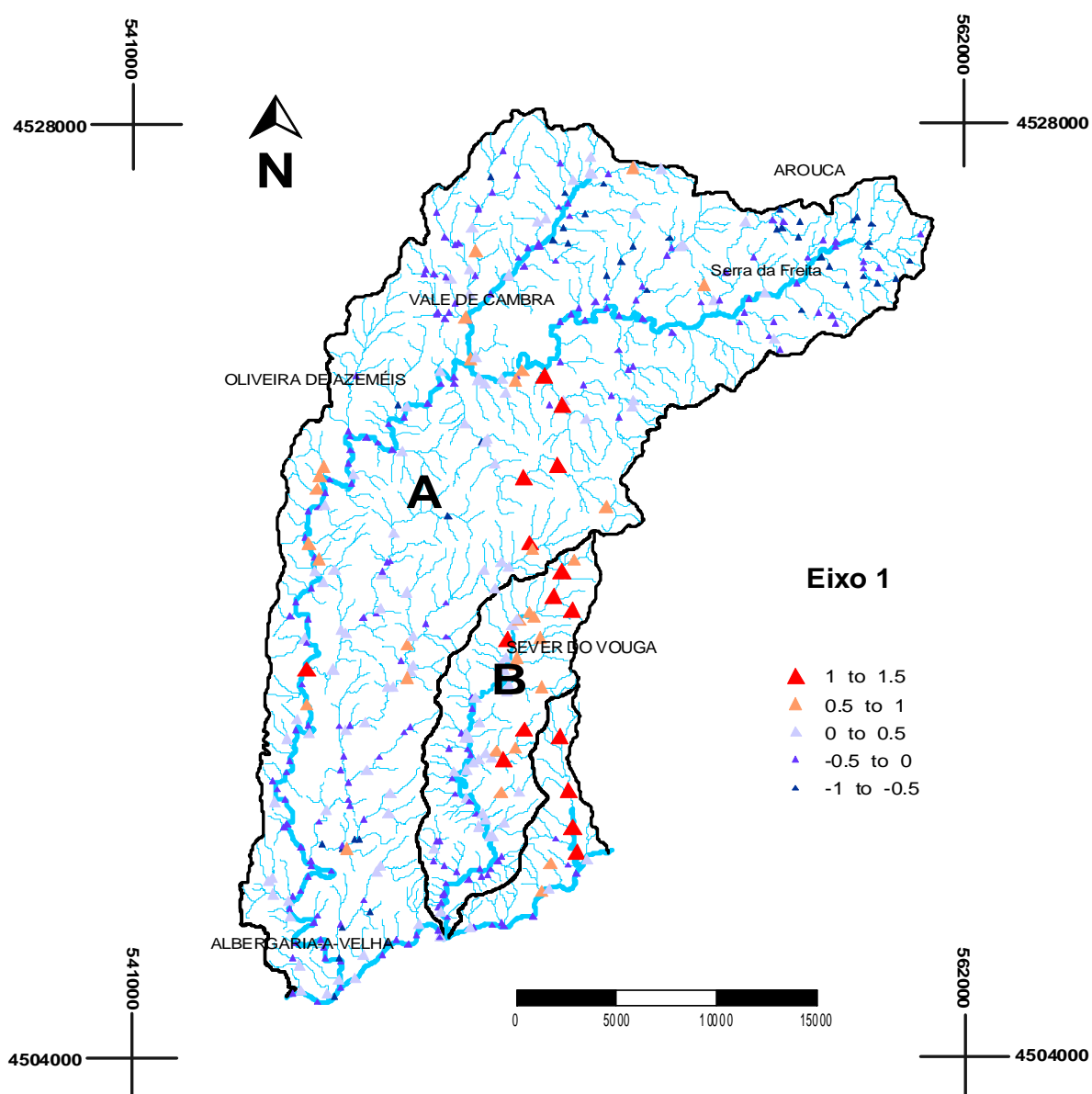


Figura 4.2

Cartografia dos “scores” da componente principal 1 (associação das variáveis Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, e Na).

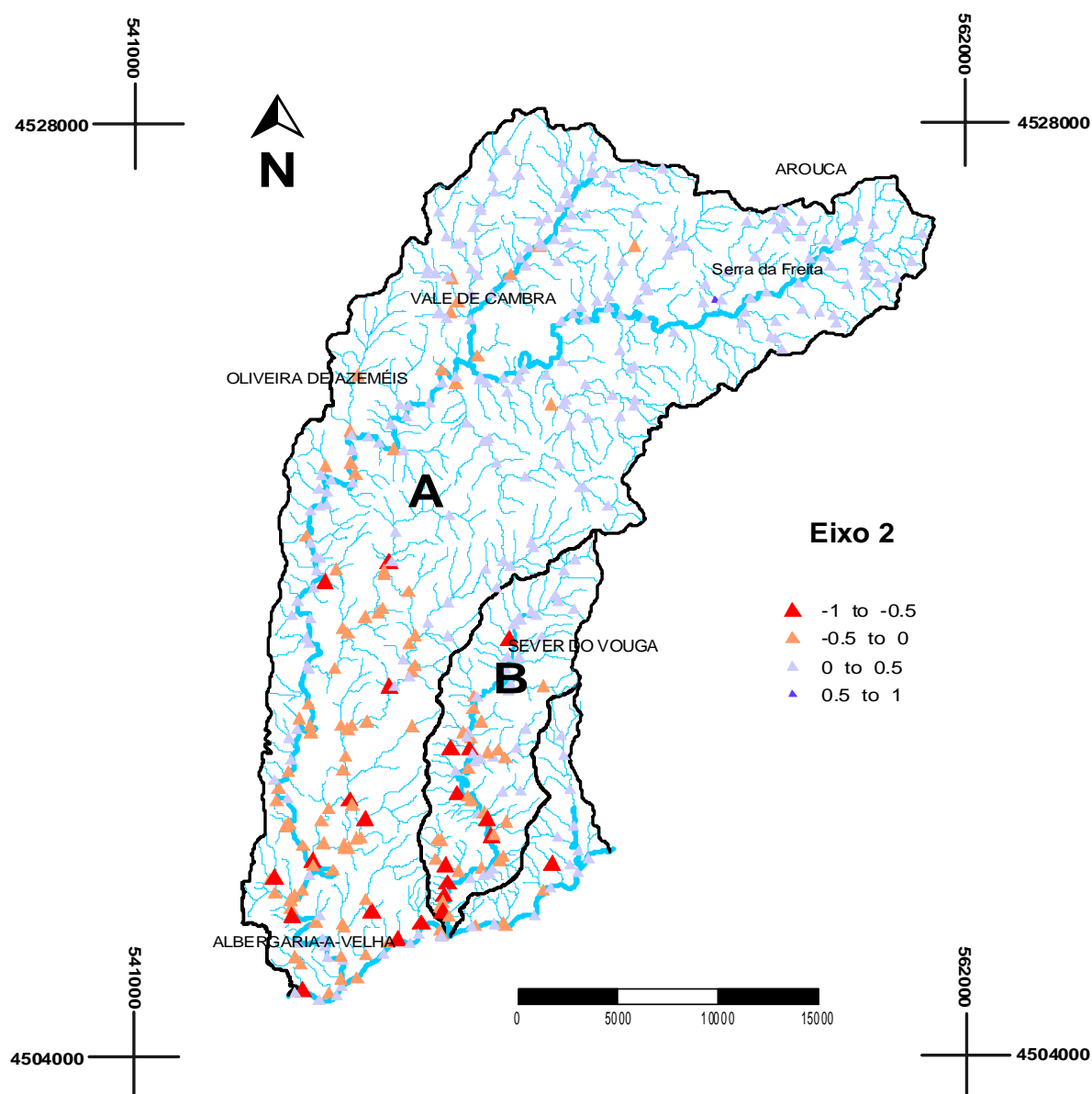


Figura 4.3

Cartografia dos “scores” da componente principal 2 (associação das variáveis Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, e Ag).

A associação Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, e Ag, fortemente correlacionada com a componente principal 2, tem um carácter antrópico por excelência, e coloca em evidência a contaminação da zona envolvente às minas Coval da Mó e Braçal e do troço do rio Caima a jusante da mina do Palhal.

4.3 – Cartografia da dispersão e acumulação de elementos vestigiais

A distribuição espacial dos teores de metais num dado ambiente geológico, representa o produto final de uma série de processos naturais no decurso dos quais podem ocorrer fenómenos de empobrecimento/enriquecimento. A introdução de quantidades variáveis de metais e seus compostos pelas actividades antrópicas vai, por sua vez, afectar mais ou menos drasticamente os padrões naturais de migração em ambiente superficial [MORENO, 2000].

Nas figuras 4.4 a 4.11 é apresentada a cartografia dos teores dos elementos Ag, Cd, Co, Mn, Ni, Pb, S e Zn em 414 amostras de sedimentos de linhas de água amostradas nas bacias do rio Caima e do rio Mau. Os mapas representam a variação espacial das concentrações dos elementos químicos nas amostras de sedimentos de linhas de água, elaboradas no programa *Surfer®*, versão 6.04. Os limites das classes cartografadas correspondem aos valores dos percentis apresentados na tabela 4.11. Para a elaboração dos mapas foram utilizados os seguintes intervalos: [mínimo - 5%]; [5% - 25%]; [25% - 50%]; [50% - 75%]; [75% - 90%]; [90% - 95%]; [95% - 97.5%] e [97.5% - máximo], encontrando-se na figura apenas referido o valor do limite superior. Os elementos cartografados foram seleccionados com base nos resultados da ACP [NUNES et al., 2003].

Da apreciação global das figuras, tendo como referência a informação contida as figuras 2.1(b), 2.3 e 2.12 identifica-se algumas zonas anómalas (os teores destes elementos encontram-se acima dos valores obtidos para o percentil 95), nomeadamente:

- Na sub-bacia do rio Caima (Zona J), podemos identificar algumas zonas designadamente no concelho de Oliveira de Azeméis: (a) ao longo da linha de água do rio Caima, no troço entre a confluência dos rios Caima e Viges e a ETAR de Ossela (Ag); (b) no troço entre a ETAR de Ossela e alguns km a jusante da Fábrica de papel do Caima (Cd, S, Mn e Ag); e no concelho de Albergaria-a-Velha: (a) freguesia de Ribeira de Frágoas, na zona envolvente à mina do Palhal (Cd, Ni, Co, S, Pb e Ag) e (b) na proximidade da Fábrica de Celulose (S, Pb, Mn, Ag), bem como, (c) na zona sul da bacia do rio Caima, já na freguesia de Valmaior (Zn, Ni, Co, Mn Ag);
- Na sub-bacia do rio Viges (Zona H), concelho de Vale de Cambra, ao longo do rio Viges, na zona perto da antiga ETAR Dairas (Zn, Cd, S, Ag);

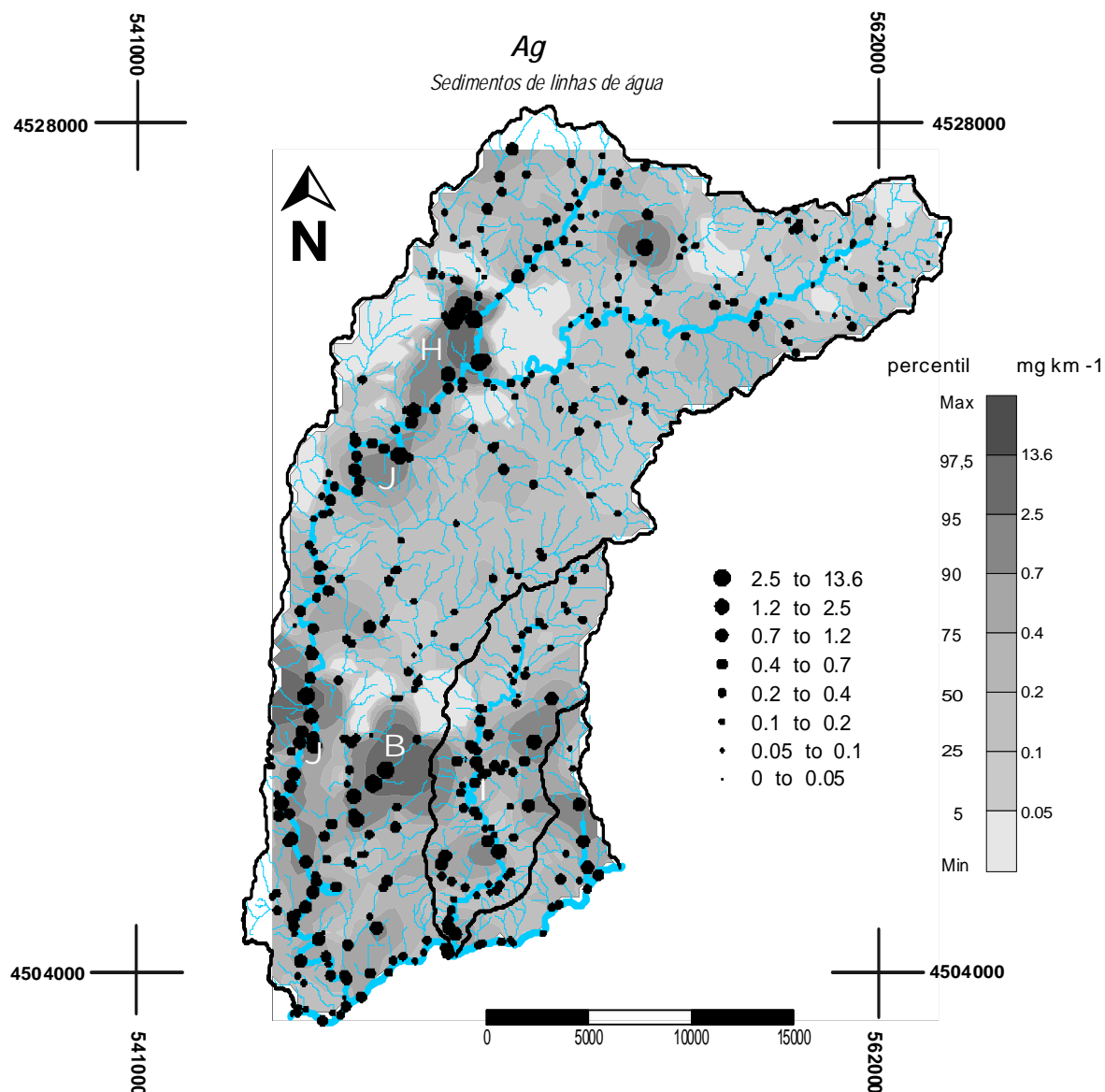


Figura 4.4

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Ag nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

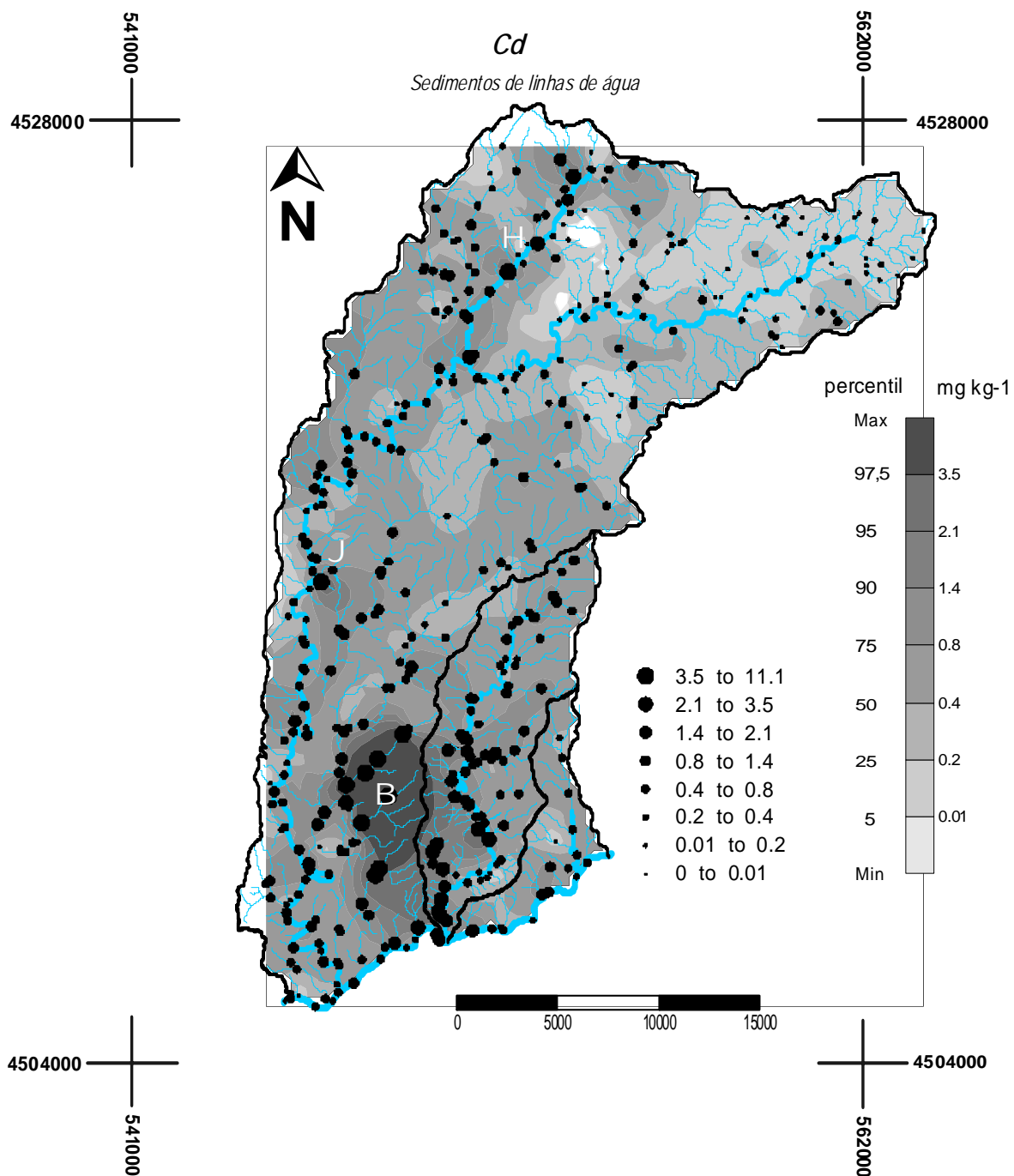


Figura 4.5

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Cd nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

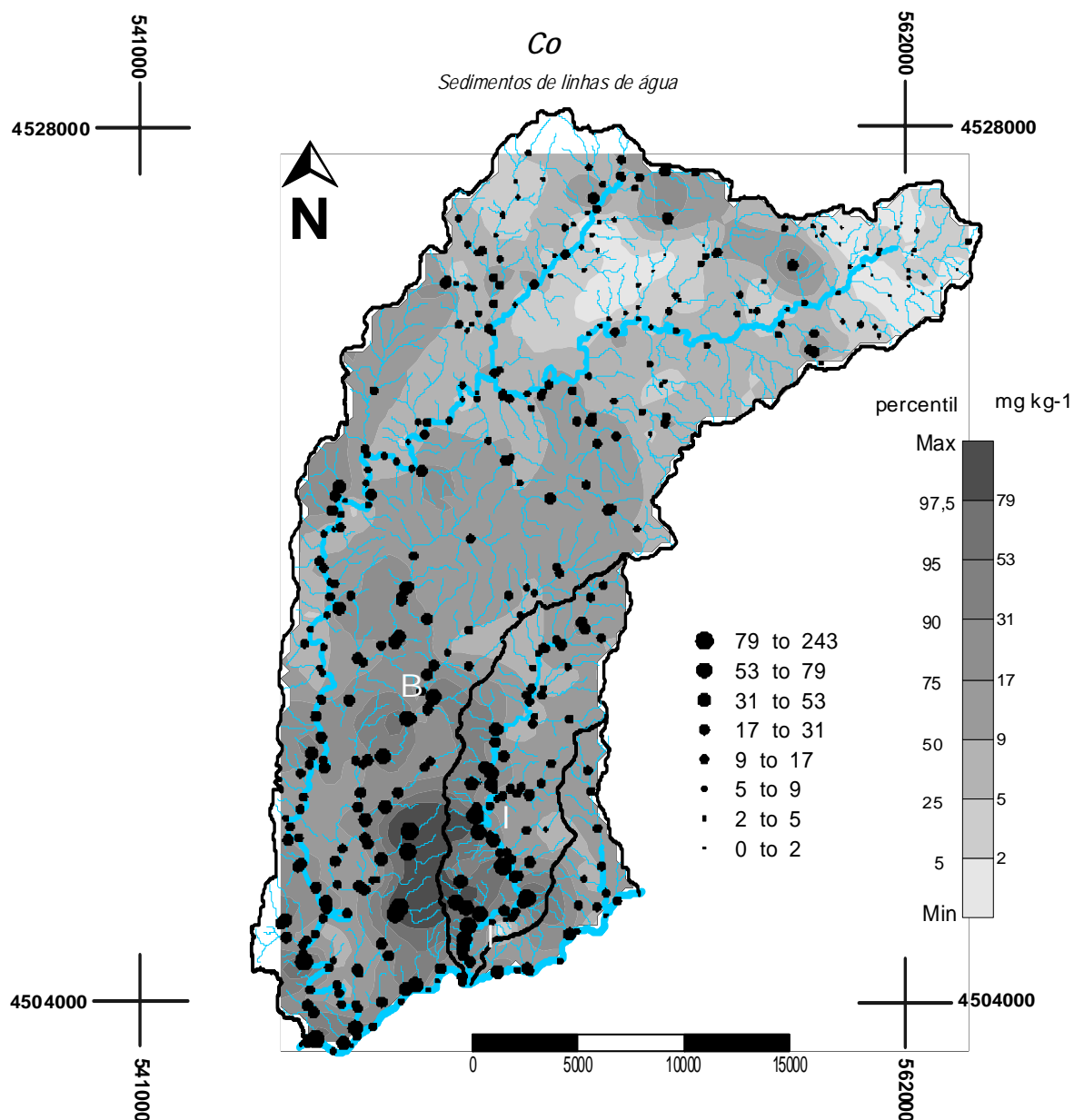


Figura 4.6

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Co nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

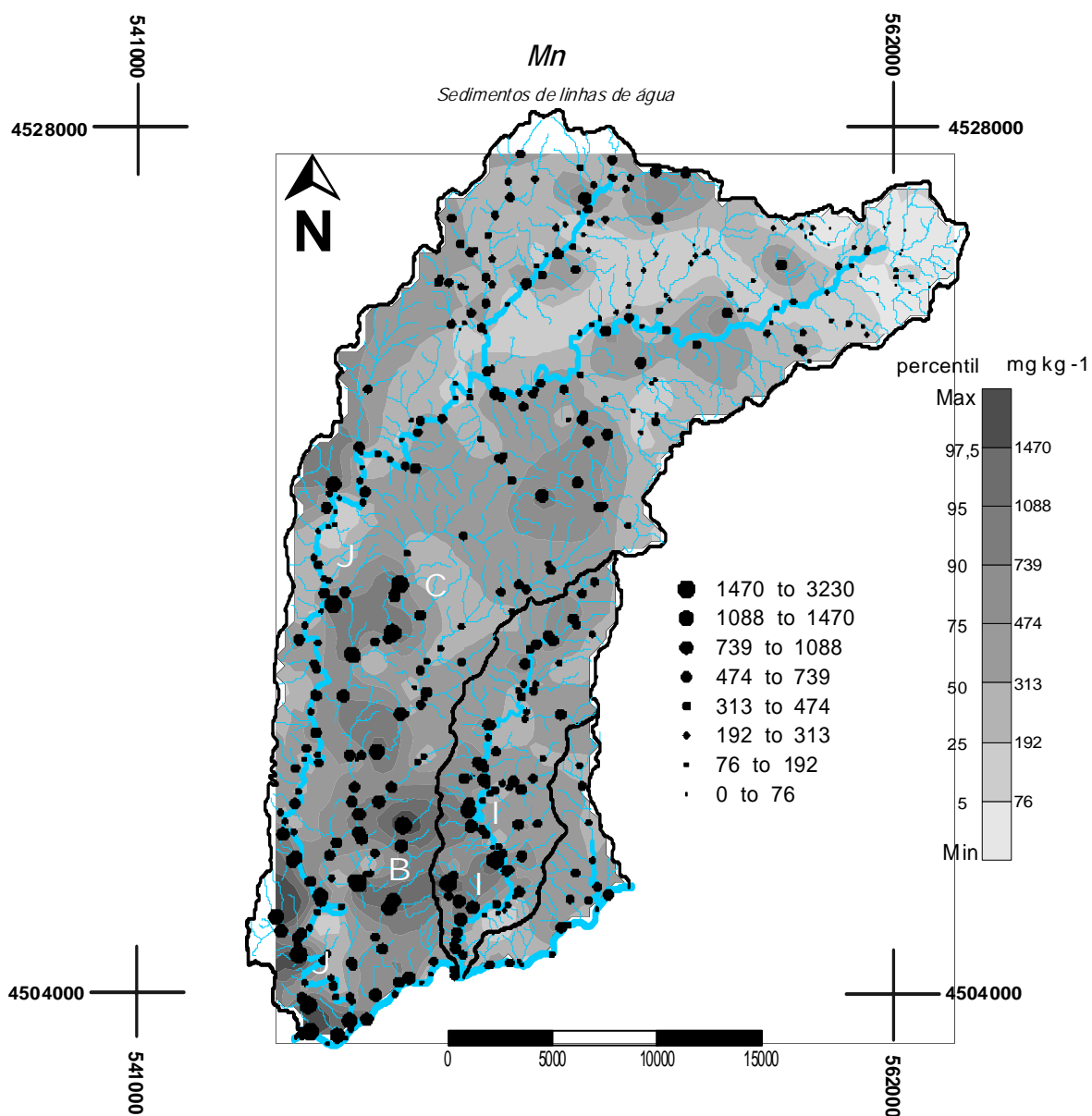


Figura 4.7

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Mn nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

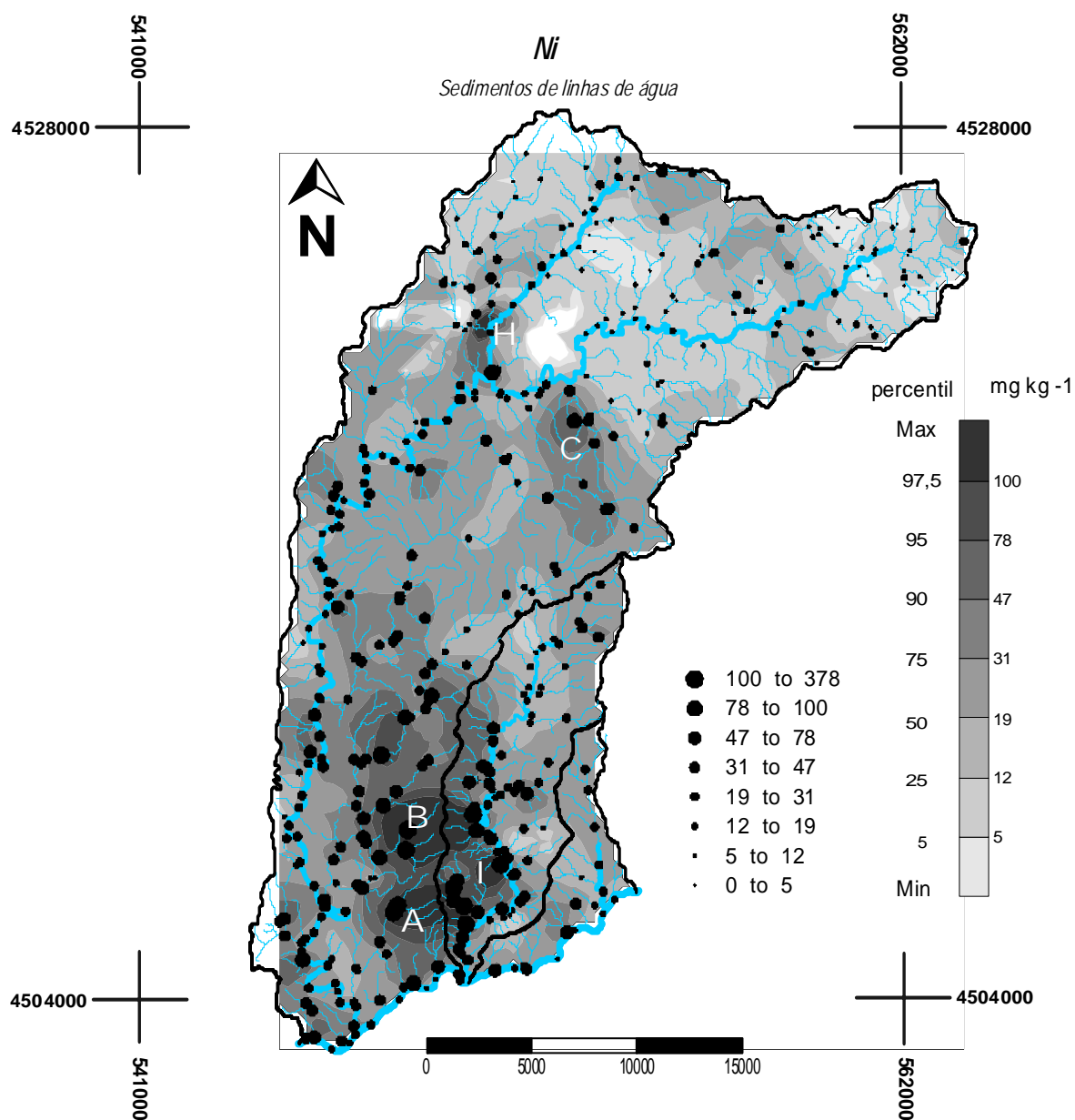


Figura 4.8

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Ni nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

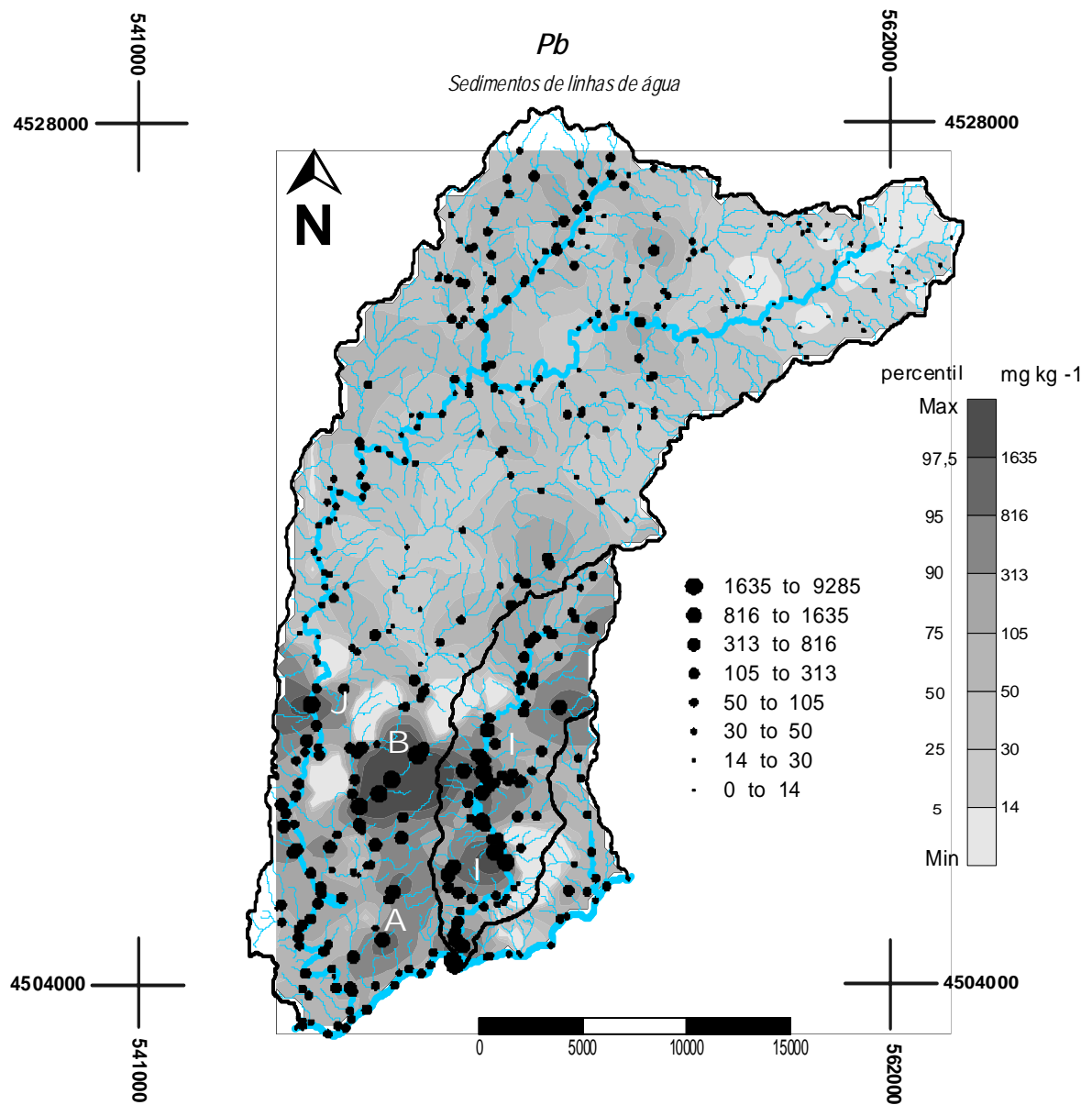


Figura 4.9

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Pb nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

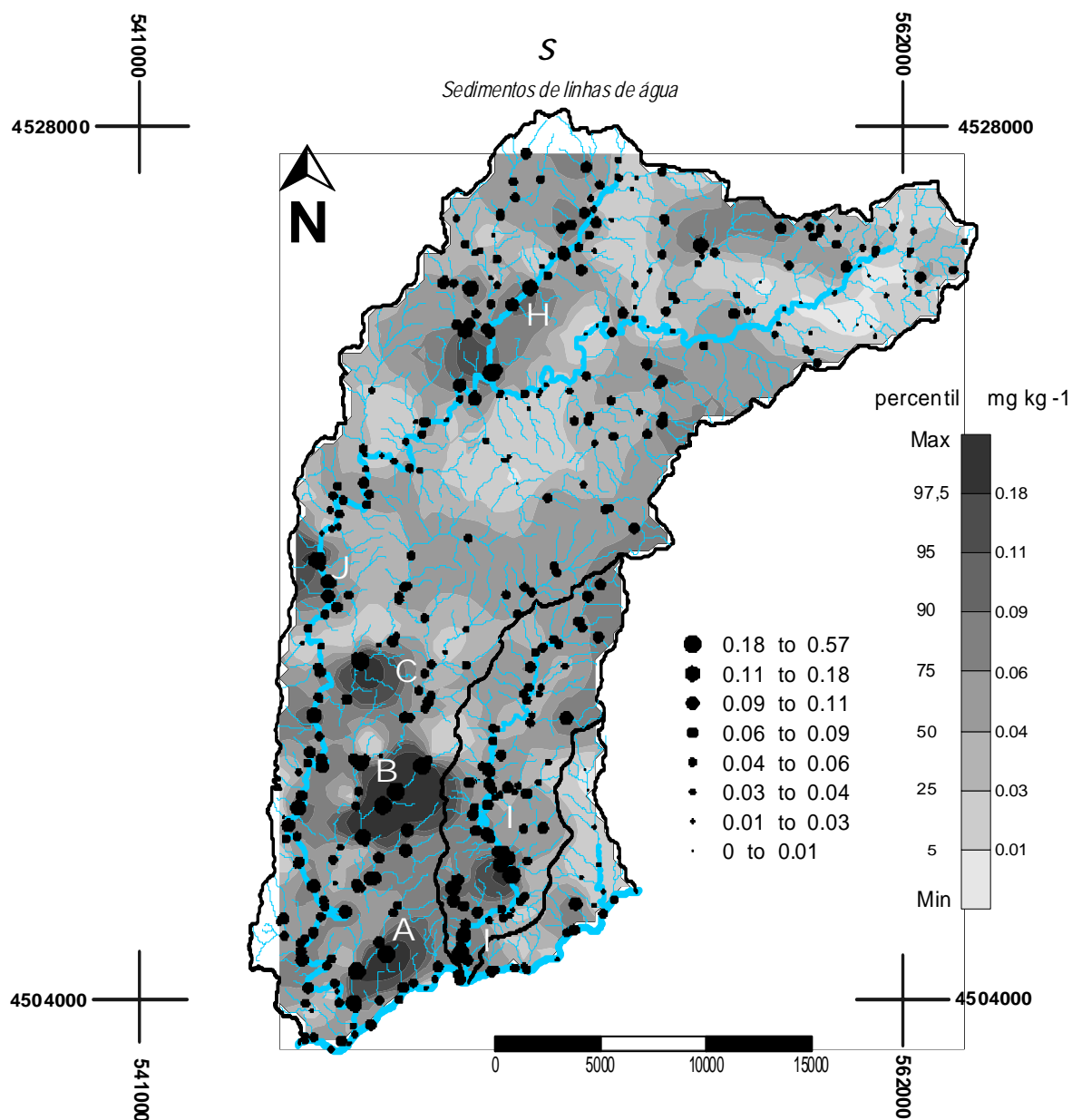


Figura 4.10

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de S nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

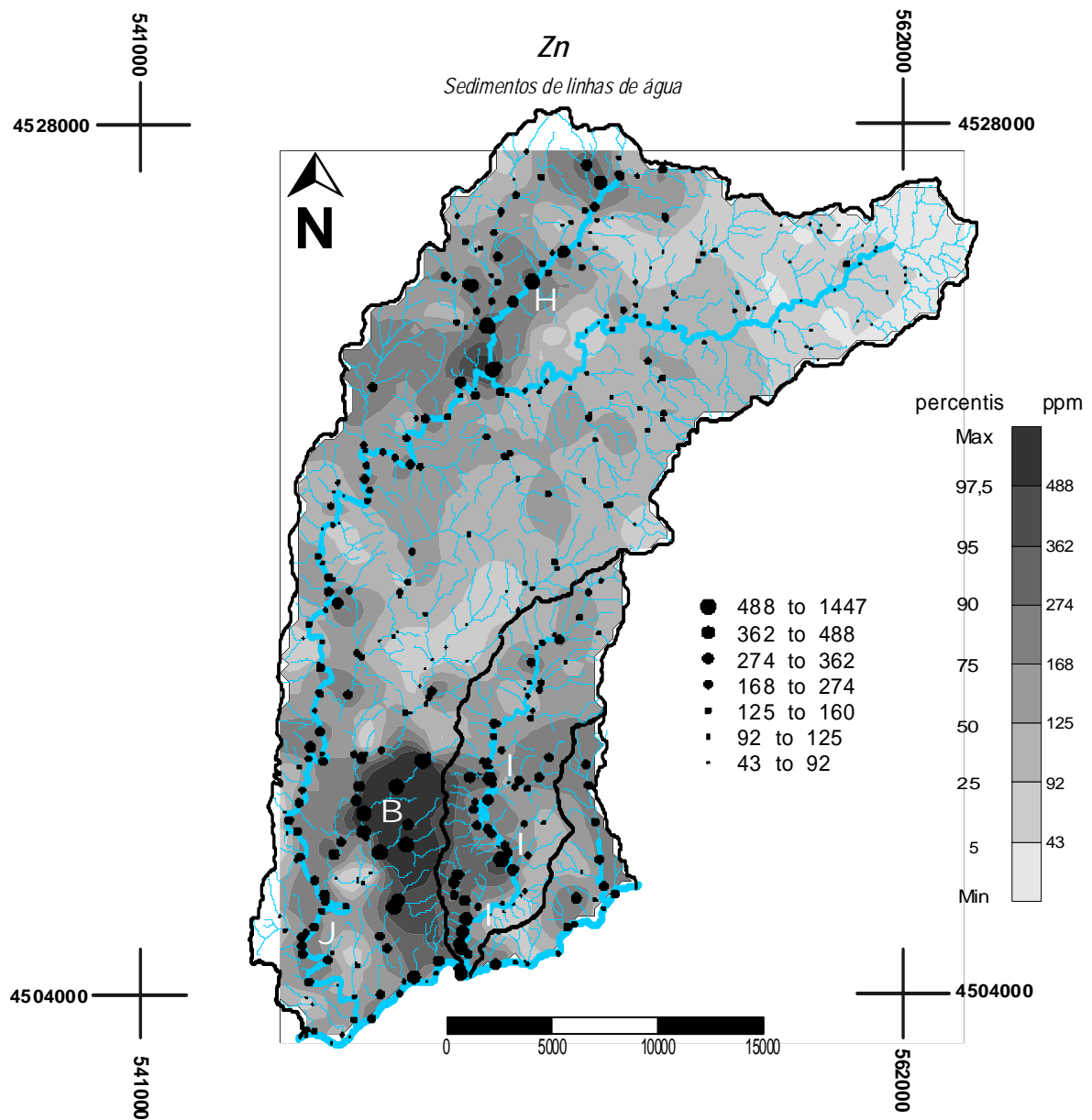


Figura 4.11

Cartografia da distribuição dos teores “totais” de Zn nos sedimentos de linhas de água das áreas em estudo.

- Na sub-bacia da ribeira da Velha (Zona E), no concelho de Vale de Cambra (Ni);
- Na sub-bacia da ribeira da Felgueira (Zona C), concelho de Albergaria-a-Velha, freguesia de Ribeira da Velha (Ag, Co, Mn, Ni, S);
- Na sub-bacia do rio Fílvida (Zona B), na ribeira da Corga do Coval da Mó, concelho de Albergaria-a-Velha, freguesia de Ribeira de Frágoas, na zona envolvente da mina Coval da Mó (Ag, Cd, Co, Mn, Ni, Pb, S, Zn);
- Na sub-bacia ribeira do Mouquim (Zona A), concelho de Albergaria-a-Velha, na freguesia de Valmaior (Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Zn);
- Na zona central da bacia hidrográfica do rio Mau (Zona I), concelho de Sever do Vouga, freguesia de Silva Escura, no troço entre a mina da Malhada e a mina do Braçal (Ag, Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Zn);
- No troço do rio Mau (Zona I), freguesia de Silva Escura, a jusante da mina do Braçal (Ag, Cd, Co, Mn, Ni, Pb, Zn, S);
- No troço sul da bacia hidrográfica do rio Mau (Zona I) até à confluência com o rio Vouga (Ag, Co, Mn, Ni, Pb, S e Zn);
- No troço do rio Vouga, concelho de Sever do Vouga, freguesia de Pessegueiro do Vouga, a jusante da confluência do rio Vouga com o rio Mau (Pb).

Desta avaliação global da cartografia dos valores pontuais dos diferentes metais nos sedimentos de linhas de água, existem ainda alguns aspectos a realçar nos padrões de distribuição espacial de certos elementos vestigiais. Os teores anómalos de Zn, Cd, Ni, S e Ag, observados na região norte da bacia do rio Caima, nomeadamente, na sub-bacia do rio Vígues, e no troço principal do rio Caima, entre a confluência dos rios Vígues e Caima e alguns km a jusante da antiga Fábrica de Papel do Caima (Ag), parecem traduzir uma mistura de efeitos antropogénicos de origem industrial, agrícola (fertilizantes, lamas) e resíduos urbanos.

Esta é uma zona das mais industrializadas da bacia do rio Caima (Tabela 2.5), e que produz diariamente um grande volume de efluentes (Tabela 2.10) que na sua maioria não sofre um pré-tratamento, sendo consequentemente uma fonte de contaminação que poderá causar sérios riscos ambientais. Os efluentes ligados às descargas domésticas e principalmente à descargas industriais da região em estudo, nomeadamente, as indústrias têxteis do vestuário e do couro, a metalurgia e metalomecânica e a indústria dos produtos metálicos, com peso expressivo no panorama industrial da região (FBO, 2000), caracterizam-se pela elevada carga de compostos

metálicos, designadamente Zn, Cd, Ni, Pb, Co, Mn e Cr [FERREIRA, 2000]. A intensa actividade agrícola praticada na região exerce também uma forte influência sobre o meio ambiente, tornando-se também parcialmente responsável pela contaminação por metais pesados, já que a aplicação de grandes quantidades de fertilizantes inorgânicos e orgânicos, para suprir a baixa taxa de fertilidade e produtividade dos solos portugueses, é feita de forma indiscriminada e inadequada [LADEIRA, MADRP, comun. Pessoal¹]. As lamas residuais produzidas nas ETAR's existente na região são aplicadas frequentemente nos solos locais [LADEIRA, F., MADRP, comun. Pessoal¹], com o objectivo de melhorar a fertilidade do solo [DOMINGUES et al., 2002; RIBEIRO et al., 2002; SERRÃO et al., 2002]. Contudo, as lamas podem constituir uma fonte de contaminação dos solos dado o carácter poluente destes resíduos, normalmente associado à presença de elevadas concentrações em elementos vestigiais (Tabela 2.8), que excedem por vezes as concentrações estabelecidas pela Directiva 86/278/CEE, [MATOS et al., 2002]. ABREU et al. (2002) refere que os solos que recebam resíduos provenientes das indústrias de fundição e de lamas provenientes de ETAR's e de fossas sépticas apresentam normalmente concentrações elevadas de Zn. Os fertilizantes fosfatados são também importantes fontes de Pb, Zn, Mn e Cr (Tabela 2.8) podendo provocar sérios riscos de contaminação quando mal administrados.

Por outro lado, os teores anómalos observados na porção sul da bacia do rio Caima (Cd, Ni, Co, S, Pb, Zn e Ag), nomeadamente, na linha principal do rio Caima perto da zona do Palhal (sub-bacia do rio Fílvida), assim como na linha principal do rio Mau estão espacialmente associados à deposição de forma não controlada de escombreyras. Estes materiais, resultantes da actividade mineira ao longo de décadas (por exemplo: Minas da Telhadela, Almalho e em particular a do Palhal, localizadas nas margens do rio Caima e das Minas do Braçal e da Malhada, localizadas próximas nas margens do rio Mau) são ricos em sulfuretos de Pb, Zn, Ag entre outros. Segundo MARQUES DE SÁ et al., 2005, os elementos Pb, Zn, Cd e Ag estão estreitamente associados à paragénese do filão (do tipo BPGC –blenda, pirite, galena e calcopirite) e ao tipo de exploração mineira. As minas do Braçal, Malhada e Coval da Mó exploraram fundamentalmente Pb/Zn enquanto que na mina do Palhal privilegiou-se a exploração de Cu/Pb.

A dispersão mecânica é responsável pela presença de uma apreciável extensão de contaminação nos sedimentos de linhas de água [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002b]. Tal facto foi registado nas áreas das bacias do rio Caima e Mau, nomeadamente, na linha da Corga do Coval da

¹ Engenheira Agrónoma do Ministério da Agricultura do Desenvolvimento Rural e das Pescas - MADRP)

Mó, que drena a mina do Coval da Mó e que se estende até à confluência com o rio Fílvida, e deste até à confluência com o rio Caima. Também na bacia do rio Mau, é possível constatar a presença de comportamento semelhante, já que existe uma extensão considerável, entre a mina da Malhada e a foz do rio Mau, onde as concentrações destes elementos nos sedimentos são elevadas.

Muitos dos elementos químicos aqui referidos (Pb, Zn, Cd, Ni, Co, S) aparecem catalogados na bibliografia ambiental e toxicológica como elementos de nocividade química e biológica enquanto que outros têm pequena ou reduzida importância nessa perspectiva (Mn, Ag).

Para além dos factores mineiros, foi possível delinear a existência de outras zonas nas bacias do rio Caima e Mau, com teores anómalos de metais pesados, mas que apresentam características pontuais, nomeadamente: ao norte da bacia do rio Caima (S, Ag), na sub-bacia da ribeira da Velha (Ni), na sub-bacia da ribeira do Mouquim (Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, Ag) e ao norte da bacia do rio Mau (Pb). Estas zonas têm baixa densidade populacional, não são industrializadas, não têm qualquer espécie de exploração mineira e possuem uma actividade agrícola muito discreta. Estas anomalias podem representar um enriquecimento local, já que os valores apresentados não são significativamente elevados. Contudo, carecem de ser estudadas mais detalhadamente.

De um modo geral, a origem de contaminação existente nas bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau está associada não só com a existência de minas abandonadas (presença de galerias subterrâneas e escombreyas à superfície) mas também com as actividades do tipo agro-pecuárias, domésticas e industriais.

4.3.1 – Caracterização dos materiais de escombreyas das minas do Palhal e Coval da Mó.

O estudo estatístico multivariado e a cartografia pontual de teores realizados anteriormente, num conjunto de amostras da bacia hidrográfica do rio Caima e do rio Mau, permitiram identificar a presença de impactos químicos originados pela exploração mineira.

A extensão dos valores anómalos verificados em determinados troços da linha do rio Caima e de seus afluentes, prolonga-se por mais de 5km para jusante das fontes poluidoras, associando-se à influência dos materiais da escombreyas. Foram identificadas duas fontes de localização distinta: (a) uma primeira situação refere-se à influências das escombreyas da mina do Coval da Mó, até a confluência da ribeira da Corga do Coval da Mó com o Rio Fílvida, e deste com o Rio Caima e (b) a segunda situação, ocorre na linha principal do rio Caima, no troço que se estende

entre a mina do Palhal e a foz do rio Caima, e que está associado às escombreyras da mina do Palhal.

NUNES et al. (2003; 2005) assinalou a existência de anomalias geoquímicas para um cortejo de elementos (Zn, Pb, Co, Ni, Cd, Ag, Mn, S) nas amostras de materiais de escombreyra e nos sedimentos das linhas de água directamente influenciadas. Estas variáveis estão fortemente correlacionadas em termos estatísticos, traduzindo que o factor mineralização se mantém ainda fortemente “impresso” nos sedimentos de linhas de água.

Com base no estudo realizado na envolvente da mina do Palhal e da mina do Coval da Mó, constatou-se que as escombreyras surgem como principal fonte de contaminação química, afectando os vários meios amostrais (Anexo I – Tabela I.5 e I.6). Os teores nos elementos associados à paragénes mineral são elevados.

A deposição não controlada dos resíduos ricos em sulfuretos resultantes do processamento torna-se uma importante fonte de libertação de metais para o ambiente, sendo a taxa de libertação e dispersão destes metais dependente de vários parâmetros, designadamente, o método de deposição, o tipo de mineral processado e as condições de armazenamento [WILLIAMS, 1975; SALOMONS, 1995b; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002b]. As escombreyras constituem efectivamente a maior fonte de contaminação por ainda conterem quantidades apreciáveis de metais.

O metal extraído representa apenas uma pequena percentagem de todo o volume de material envolvido no processo de extracção. Os depósitos de escombreyras apresentam frequentemente granulometria fina a muito fina, devido ao facto do processo de extracção do metal exigir a moagem do material. Os rejeitados eram depositados no local a céu aberto sob a forma de uma lama fina (Figuras 4.12 e 4.13). Esta característica favorece a presença de elevados teores já que a diminuição da granulometria dos materiais presentes nas escombreyras tem como consequência o aumento da superfície específica [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c].

A tabela 4.8 apresenta os resultados obtidos para os elementos químicos Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn e Cd (seleccionados em função da ACP) e Cu, Fe (tendo em consideração as estreitas relações com o material geológico).

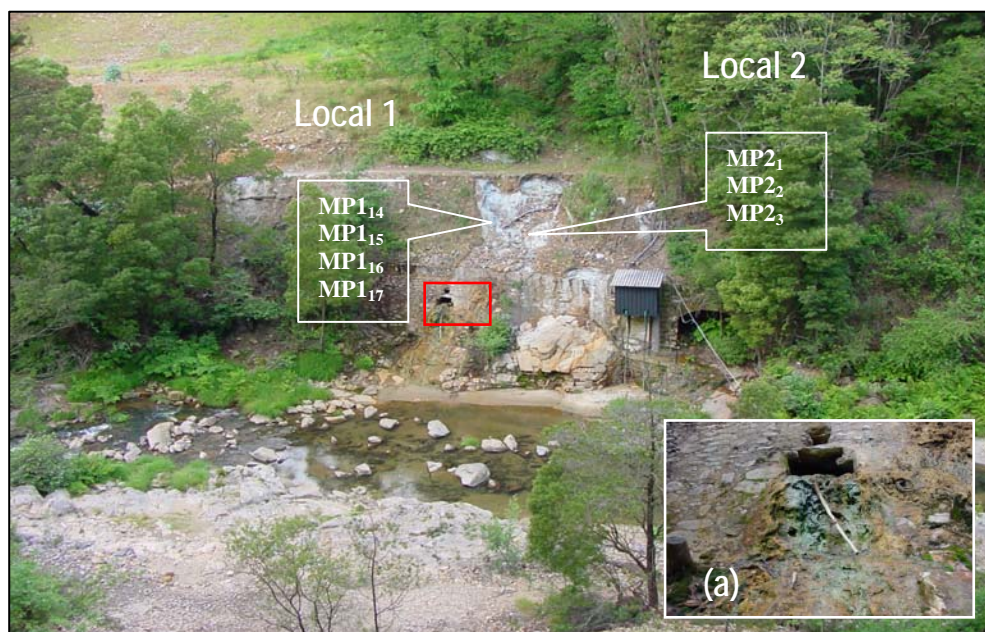


Figura 4.12

Mina do Palhal. Aspecto da paisagem e localização das amostras do material de escombreyras nas proximidades da linha de água do rio Caima. (a) Detalhe de uma galeria de drenagem.

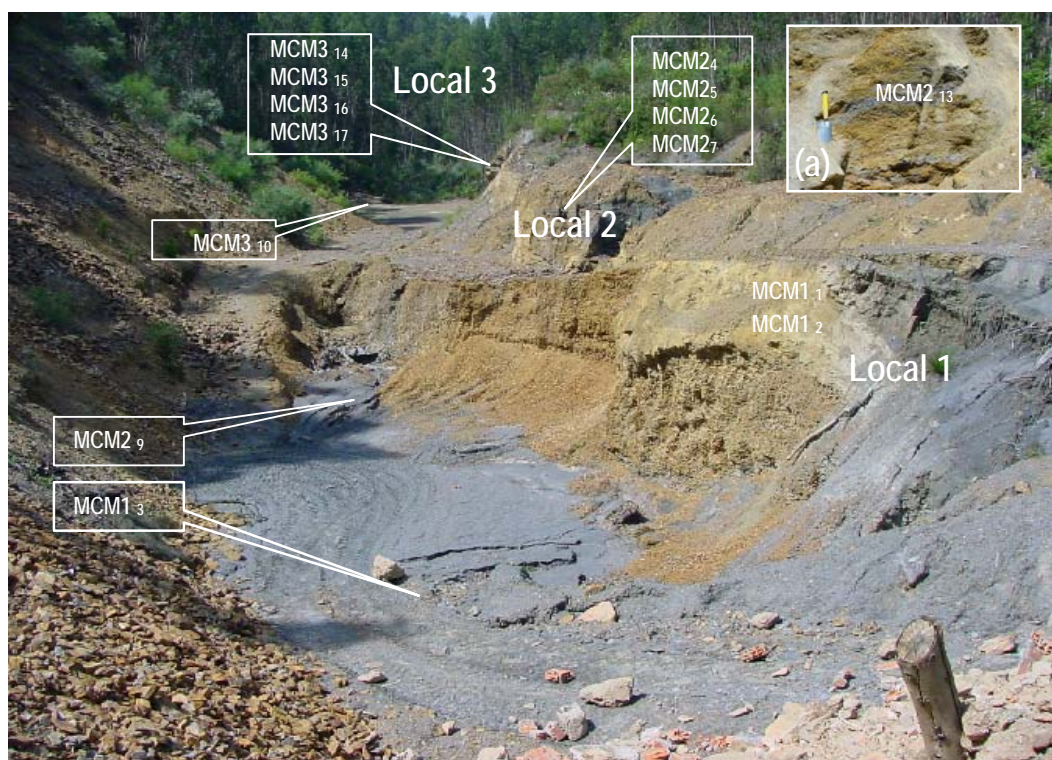


Figura 4.13

Mina do Coval da Mó. Aspecto da paisagem e localização das amostras do material de escombreyras nas proximidades da linha de água do rio Caima. (a) Pormenor de uma das escombreyras.

Tabela 4.8

Teores "totais" de Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, Cd, Cu, Fe nas amostras de escombreyras das minas do Palhal e do Coval da M6, colhidas ao longo de um perfil nos locais seleccionados, e de material de escorr6ncia (os valores s6o expressos em mg kg⁻¹).

Amostra	Escombreira	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Cd	Cu	Fe
Mina do Palhal										
MP1 ₁₄	Local 1	995	170	19.4	22	17	589	2.4	497	121000
MP1 ₁₅		578	71	19.2	1	1	217	2.6	347	211000
MP1 ₁₆		932	162	18.9	4	3	620	9.9	638	178000
MP1 ₁₇		2356	106	28.7	10	5	302	1	206	78000
MP2 ₁	Local 2	516	180	13.5	8	4	405	9.8	460	209000
MP2 ₂		1070	385	12.2	60	38	529	12.1	362	192000
MP2 ₃		466	593	9.4	50	55	623	27.7	602	235000
Mina Coval da M6										
MCM1 ₁	Local 1	23590	2269	12.2	388	33	843	4.3	492	109000
MCM1 ₂		21740	646	8.4	29	4	110	0.2	267	99000
MCM1 ₃		17510	2294	7.2	51	37	685	8.1	156	73000
MCM2 ₄	Local 2	26290	630	13.1	77	17	301	1.3	257	105000
MCM2 ₅		30980	3331	132.9	40	6	37	0.2	247	201000
MCM2 ₆		27760	309	8.6	29	5	107	0.7	223	72000
MCM2 ₇		9962	2368	4.8	465	123	1289	9.6	314	85000
MCM2 ₈		26980	2170	44.6	66	12	163	1.4	407	186000
MCM2 ₁₃		17900	139	6.3	28	4	107	0.7	204	31000
MCM2 ₉		13380	1315	6.5	78	21	495	3.9	168	72000
MCM2 ₁₀		8557	1258	5.8	71	21	531	3.8	155	69000
MCM3 ₁₄	Local 3	18250	2397	59.9	29	4	87	3.6	389	145000
MCM3 ₁₅		6061	481	16.8	17	3	127	3.2	174	38000
MCM3 ₁₆		16680	1962	91.5	17	2	97	3.6	250	136000
MCM3 ₁₇		7515	456	33.0	21	3	118	2.4	180	46000
MCM3 ₁₁		6601	884	3.9	60	18	473	2.9	113	61000
Fundo geoquimico local										
FG		50.0	125.0	0.2	19.0	9.0	313.0	0.4	37	26000

Nota: as amostras MCM1₃, MCM2₉, MCM2₁₀ e MCM3₁₁ correspondem a amostras de escorr6ncias.

A an6lise da tabela 4.8 indica que a maioria das amostras colhidas nos dep6sitos de escombreyras apresentam concentra66es elevadas em elementos vestigiais, particularmente, Pb (466–30980 mg kg⁻¹), Zn (71–3331 mg kg⁻¹), Ag (3.9 – 132.9 mg kg⁻¹), Ni (4 – 465 mg kg⁻¹) e Cd, (1 – 27.7 mg kg⁻¹) e pontualmente em Co (1 – 123 mg kg⁻¹) e Mn (37 – 1289 mg kg⁻¹). Foram ainda registadas em algumas amostras elevadas concentra66es de Cu (113– 638 mg kg⁻¹) e de Fe (46000 – 235000 mg kg⁻¹). O material de escorr6ncia apresentou t6mb6m valores elevados nos elementos referidos anteriormente mas relativamente mais baixos do que os valores registados para as amostras de escombreyras (6601 – 17510 mg kg⁻¹ de Pb, 884 – 2294 mg kg⁻¹ de Zn, 3.9 –

7.2 mg kg⁻¹ de Ag, 51 – 78 mg kg⁻¹ de Ni, 2.9 – 8.1 mg kg⁻¹ de Cd, 18 – 37 mg kg⁻¹ Co, 473 – 685 mg kg⁻¹ Mn, 113 – 168 mg kg⁻¹ de Cu e 61000–73000 mg kg⁻¹ de Fe). Estes valores são significativamente superiores aos valores do fundo geoquímico local. A Ag é o elemento que apresenta a concentração anómala mais elevada em relação ao fundo geoquímico (664 vezes - MCM2₅), seguida do Pb (da ordem de 619 vezes - MCM2₅) Cd (69 vezes - MP2₃), Zn (26.6 vezes - MCM2₅), Ni (24 vezes - MCM2₇), Co (13.6 vezes - MCM2₇) e Mn (4.1 vezes - MCM2₇).

A tabela 4.9 apresenta os valores percentuais dos elementos vestigiais nos sulfuretos presentes na mineralização da mina do Coval d Mó.

Tabela 4.9

Valores percentuais dos elementos vestigiais nos sulfuretos presentes no material geológico da mina do Coval da Mó [MARQUES DE SA et al., 2005].

Sulfuretos	Pb	Zn	Ag	Ni	Cd	Fe	S	Cu
Galena	85.6	3.2 a < 0.1	0.9 a < 0.1	-	0.5 a < 0.01	46.4	-	-
Pirite	-	0.1	0.1	3.1	0.5*	-	-	0.2
Blenda	-	59.5	-	-	-	<5.0* e > 5.0**	-	0.1
Calcopirite	-	0.2	0.03	0.03	0.1	30.1	34.6	33.6
Pirrotite ¹	-	-	0.1	0.3		59.8	38.7	-

* – Blenda I; ** – Blenda II

A análise conjugada dos dados da tabela 4.8 com os da tabela 4.9, permite evidenciar algumas coincidências e diferenças no comportamento dos elementos nas amostras com concentrações anómalas.

Os elementos Pb e Ag fazem parte do primeiro grupo de variáveis químicas, e são as únicas variáveis com concentrações anómalas em todas as amostras estudadas. Esta associação é evidenciada por uma forte correlação (Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6), sugerindo que a presença de galena, mineral com elevada percentagem de Pb e Ag na sua composição, possa ser responsável pela presença das elevadas concentrações. As concentrações mais elevadas de Pb ao longo dos perfis estudados ocorreram nas amostras mais próximas da superfície.

Os elementos Zn e Cd, que fazem parte de um segundo grupo, caracterizam-se por apresentarem valores anómalos em 19 das 21 amostras estudadas. A presença de elevadas concentrações em Zn e Cd está associada à presença de blenda ou de minerais secundários resultantes da alteração da blenda. As variações das concentrações de Zn e Cd nas amostras são

acompanhadas por uma variação semelhante nas concentrações de Pb e Ag. Estes elementos apresentam uma mobilidade elevada a média sob condições de oxidação e em meio ácido, respectivamente, e muito baixa em ambientes redutores [FERREIRA, 2000].

O elemento Ni enquadra-se num terceiro grupo por ocorrer em concentrações anómalas em 15 das 21 amostras estudadas. Sugere-se que as concentrações deste elemento estejam relacionadas directamente com o tipo de mineralogia presente no material residual das escombreyras, nomeadamente a pirite, embora se tenha verificado uma fraca correlação (Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6) entre o Ni e os elementos químicos (Fe, Cu, Ag e Zn) que estão associados a este mineral. A excepção foi verificada para o rio Mau, uma vez que apresenta uma boa correlação deste com o Zn, Fe e Cu.

Os elementos Co e Mn, enquadrados num quarto grupo, foram as variáveis que apresentaram uma distribuição de valores anómalos muito semelhante, confirmada pela forte correlação (Tabelas 4.4, 4.5 e 4.6) apresentada por estas variáveis. A ocorrência de um baixo número de amostras com concentrações anómalas de Co e Mn poderá ser explicado pelo baixo teor destes elementos na mineralogia predominante na área em estudo. No entanto, a ocorrência destes elementos em concentrações anómalas em determinadas amostras de escombreyras e de sedimentos de linha de águas, pode ser justificada pela possível associação destes elementos com os sulfuretos e com os óxidos de Fe-Mn ou à presença de rochas metassedimentares [FERREIRA, 2000].

Num quinto e último grupo, estão representados o Fe e Cu. Apesar destes dois elementos não apresentarem nenhuma correlação e esta associação não ter sido interpretada como de origem antropogénica, quando da Análise em Componentes Principais, as elevadas concentrações de Fe e Cu nos sedimentos de linhas de água, em alguns pontos isolados da área em estudo, sugere que as concentrações anómalas estejam fortemente associadas à presença de pirite, calcopirite e pirrotite.

As elevadas concentrações de metais pesados registadas no material de escorrência da mina do Coval da Mó e a presença de pirite, galena, blenda e calcopirite sugere que a sua dispersão seja predominantemente mecânica não excluindo a dispersão química.

Da observação das concentrações anómalas dos metais pesados no material de escombreyra da mina do Coval da Mó em relação à mina do Palhal, verifica-se que a primeira apresenta um grau de contaminação muito superior. Estudos recentes revelaram a presença de um

elevado grau de contaminação por metais pesados na envolvente da mina do Coval da Mó [BORG & HEDLUND, 2001; NUNES et al., 2003; 2005], sugerindo como uma das causas prováveis de toxicidade para os microrganismos aquáticos [NUNES et al, 2002].

4.4 – Cartografia do Índice de Contaminação nos sedimentos de linhas de água

Os elementos vestigiais, em particular os metais pesados, constituem a componente mais importante do grupo de contaminantes existente na região, atingindo principalmente a zona sul das bacias em estudo. A aplicação de índices geoquímicos, por vários investigadores em diferentes países, na avaliação do grau de contaminação de elementos vestigiais em solos, plantas, águas e sedimentos de linha de água [MERRINGTON & ALLOWAY, 1994; PESTANA et al., 1997] é frequente. A contaminação dos sedimentos de linhas de água tem gerado uma grande preocupação na comunidade científica internacional, tendo surgido nas últimas décadas inúmeros trabalhos de investigação com a aplicação de índices de contaminação [SATSMADJIS & VOUTSINOU-TALIADOURI, 1985; CHAPMAN et al., 1999; USERO et al., 1996; DEL VALLS et al., 1998; RUIZ, 2001; SHIN & LAM, 2001; RIBA et al., 2002; CAEIRO, et al., 2005].

Segundo CAEIRO et al. (2005), a utilização do índice de contaminação permite obter uma informação local mais específica e mais exacta dos níveis de contaminação, tornando-se uma ferramenta essencial para os processos de gestão e de decisão que envolvem recursos naturais.

Interpretar conjuntos de dados pode ser uma tarefa difícil devido à grande quantidade de variáveis e/ou de amostras analisadas. Uma das abordagens adoptadas para a simplificação de informação disponível consiste na determinação de índices [MÜLLER, 1979; NISHIDA et al., 1982; GRAY 1996; CHON et al., 1996] que integram a informação referente a cada amostra num só valor.

A utilização do índice de contaminação (IC), de um modo geral, tem como objectivo estimar a contribuição antrópica dos metais pesados e estabelecer secções ao longo da linha de água onde a contaminação do sedimento seja significativa. Este parâmetro sintetiza a informação contida nas cartas de teores pontuais e relaciona os teores “totais” dos vários elementos vestigiais (metais) em cada amostra de sedimento de linhas de água com os seus respectivos valores de níveis de base natural (background). A estimativa deste valor é uma questão central em estudos de índole ambiental, por serem imprescindíveis no estabelecimento de valores ou critérios de qualidade de

sedimentos (que congrega dados químicos, ecotoxicológicos e biológicos) e na avaliação de risco ecológico.

Tendo em consideração as particularidades litológicas de cada zona ou região em estudo os valores estabelecidos na literatura não são, em muitos casos, os recomendados para serem aplicados [FÖRSTNER, 1977] uma vez que são valores médios que muitas vezes não têm em consideração as características geoquímicas locais [REIMANN & GARRETT, 2005; NASCIMENTO & MOZETO, 2002; NASCIMENTO, 2003]. MORENO (2000) refere que os valores de fundo da crosta continental [WEDEPHOL, 1995] em comparação com dados de fundo geoquímico de uma dada região, apresentam diferenças marcantes para a maioria dos elementos químicos por tratar-se de dois meios amostrais muito distintos.

Estudos conduzidos desde 1988 como parte do Projecto da Cartografia Geoquímica Internacional, coordenado pela UNESCO [DARNLEY et al., 1995], confirmam que os dados actualmente disponíveis referentes à composição geoquímica da superfície terrestre são substancialmente incompletos e inconsistentes.

Neste trabalho utiliza-se o índice de contaminação proposto por CHON et al. (1996). Este índice pode ser determinado ao nível de um local, de uma zona ou de uma região (índice médio), na qual o seu valor define o grau de contaminação múltiplo por metais. O índice de contaminação com valores acima de 1 explica que em média, os teores dos metais estão acima do respectivo fundo geoquímico e que qualquer enriquecimento pode resultar ou de adições antrópicas ou de fontes geológicas naturais. Por outro lado, valores iguais ou inferiores a 1 explicam que os teores de metais se encontram em níveis considerados de fundo geoquímico. Cada metal tem a sua importância relativa na construção do índice apesar de nenhum ter o controle sobre este (MORENO, 2000). Neste estudo para o cálculo do IC foi necessário estimar um valor de fundo geoquímico local. O procedimento adoptado para esta estimativa foi a elaboração de rectas de frequências cumuladas de acordo com os procedimentos definidos por LEPELTIER (1969), SINCLAIR, (1974, 1976) e CARDOSO FONSECA e SERRANO PINTO (1977).

A tabela 4.10 estabelece a comparação entre os valores de fundo geoquímico (FG) estabelecido para a região em estudo e os valores de fundo geoquímico determinados para a crosta continental, as zonas geoestruturais e as zonas litológicas de Portugal.

O índice de contaminação foi calculado tendo como valores de fundo geoquímico os valores apresentados na Tabela 4.8 [Pb (50 mg kg⁻¹), Zn (125 mg kg⁻¹), Cd (0.4 mg kg⁻¹), Co (9 mg kg⁻¹),

Ni (19 mg kg⁻¹), Mn (313 mg kg⁻¹), S (0.04% mg kg⁻¹) e Ag (0.2mg kg⁻¹)]. Os elementos que foram considerados no cálculo foram definidos com base nos resultados da ACP (NUNES et al., 2003).

Tabela 4.10

Dados de fundo geoquímico de metais pesados (mg kg⁻¹) em sedimentos de linha de água segundo a classificação da Zona Geostrutural e da Litologia de Portugal, a crosta terrestre e a região em estudo.

Símbolo	Ref ^a	Pb	Zn	Cd	Co	Ni	Mn	Ag
ZCI ¹	Mediana	21.0	86.0	<0.2	1.0	19.0	354.0	<0.1
	Média	30.0	111.0	0.3	9.0	21.0	467.0	0.1
	Mínimo	5.0	13.0	0.2	1.0	1.0	98.0	<0.1
	Máximo	1378.0	1339.0	5.3	59.0	371.0	10251.0	2.6
RG ²	Mediana	19.0	69.0	<0.2	4.0	7.0	324.0	<0.1
	Média	24.0	98.0	<0.2	5.0	8.0	462.0	0.1
	Mínimo	7.0	15.0	<0.2	1.0	1.0	98.0	<0.1
	Máximo	129.0	1339.0	1.4	59.0	74.0	10251.0	2.5
RM ³	Mediana	23.0	84.0	<0.2	14.0	32.0	598.0	<0.1
	Média	36.0	107.0	0.3	16.0	37.0	891	0.1
	Mínimo	5.0	13.0	<0.2	3.0	1.0	110.0	<0.1
	Máximo	1378.0	1014.0	5.3	87.0	371.0	14012.0	2.6
CC ⁴	Média	14.8	65.0	0.1	24.0	56.0	716.0	0.1
SED ⁵	Média	70.0	175.0	1.0	30.0	70.0	-	-
FG	Média	50.0	125.0	0.4	9.0	19.0	313.0	0.2

ZCI– Zona Centro Ibérica (Zona Geostrutural); RG – Rocha Graníticas (Litologia); RM – Rochas Metamórficas (Litologia); CC – Crusta Continental; SED - Amostras de sedimentos de Lagos da Europa, USA e Canadá; FG – Fundo Geoquímico local estimado a partir da metodologia proposta por LEPELTIER (1969). Fonte: 1, 2, 3 (dados retirados de FERREIRA, 2000); 4 (dados retirados de WEDEPHOL, 1995); 5 (dados retirados de HAKANSON, 1980 in NASCIMENTO, 2003).

Para se estimar o valor do índice de contaminação/enriquecimento calculou-se inicialmente o factor de enriquecimento (FE) de cada metal, dividindo o teor químico numa dada amostra pelo respectivo valor de fundo. De seguida determinou-se o somatório dos valores de FE e dividiu-se o valor obtido pelo número total de elementos químicos analisados (N). A expressão matemática que permitiu chegar ao valor de IC de cada amostra é a seguinte:

$$IC = \frac{\left[\frac{Pb}{50}\right] + \left[\frac{Zn}{125}\right] + \left[\frac{Cd}{0.4}\right] + \left[\frac{Co}{9}\right] + \left[\frac{Ni}{19}\right] + \left[\frac{Mn}{313}\right] + \left[\frac{Ag}{0.2}\right]}{N} = \frac{\sum FE}{N}$$

A figura 4.14 apresenta a cartografia das 6 classes de IC. A análise da figura permite constatar a degradação progressiva da qualidade dos sedimentos de linhas de água das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau, com maior destaque para a porção sul das bacias.

A primeira classe ($IC < 1$) engloba 40.4% das amostras (167 amostras) e corresponde às amostras do fundo geoquímico. A segunda ($1 \leq IC < 2$), terceira ($2 \leq IC < 3$) e quarta classe ($3 \leq IC < 4$) englobando 37.0% (156 amostras), 8.0% (33 amostras) e 5.3% (22 amostras) do total das amostras, respectivamente. Estas classes definem áreas enriquecidas nos elementos que integram o índice. A quinta classe ($4 \leq IC < 5$) com 2.4% e a sexta classe ($IC \geq 5$) com 6.8%, correspondendo a um total de 38 amostras são consideradas de valores extremos ou anómalas.

Da análise da figura 4.14 pode-se constatar que a sexta classe ($IC \geq 5$) define uma zona com forte contaminação na porção sul da bacia hidrográfica do rio Caima e na zona central e sul da bacia hidrográfica do rio Mau.

De acordo com os valores obtidos para o IC, foi possível verificar que a contaminação nas bacias tem origens diferentes. Na bacia do rio Caima, evidenciam-se duas zonas fortemente contaminadas por material de origem antrópica (mineira), uma localizada ao sul na linha de água da Corga do Coval da Mó e que drena a área da mina do Coval da Mó e outra na linha principal do Caima que drena a mina do Palhal. Na mesma zona mais a jusante, na linha de água da Corga do Gavião verifica-se um enriquecimento natural (filões mineralizados).

Na parte norte da bacia, verifica-se em menor grau uma contaminação de origem antrópica (industrial) localizada na linha do rio Viques em Vale de Cambra.

Relativamente à bacia do rio Mau, evidencia-se a presença de duas zonas fortemente contaminadas, uma localizada na linha principal do rio Mau e que drena a área da mina do Braçal, em que a contaminação está associada a material de origem antrópica (mineira) e uma segunda zona, mais a sul da bacia, em que o enriquecimento está provavelmente relacionado com causas naturais (geológica).

No sentido de estudar as zonas mais problemáticas na bacia hidrográfica do rio Caima, seleccionou-se a sub-bacia hidrográfica do rio Fílvida (Figura 4.15a).

Tendo como objectivo mostrar a variação do IC nos sedimentos de linhas de água depositados ao longo do rio Fílvida e a influência dos seus principais afluentes, Corga do Coval da Mó e Corga do Gavião representou-se a variação do índice em função da distância (Figura 4.15b). Da análise da figura verifica-se que o valor médio de IC na sub-bacia do rio Fílvida é de 1.65 e que os valores variam entre 0.65 e 13.99.

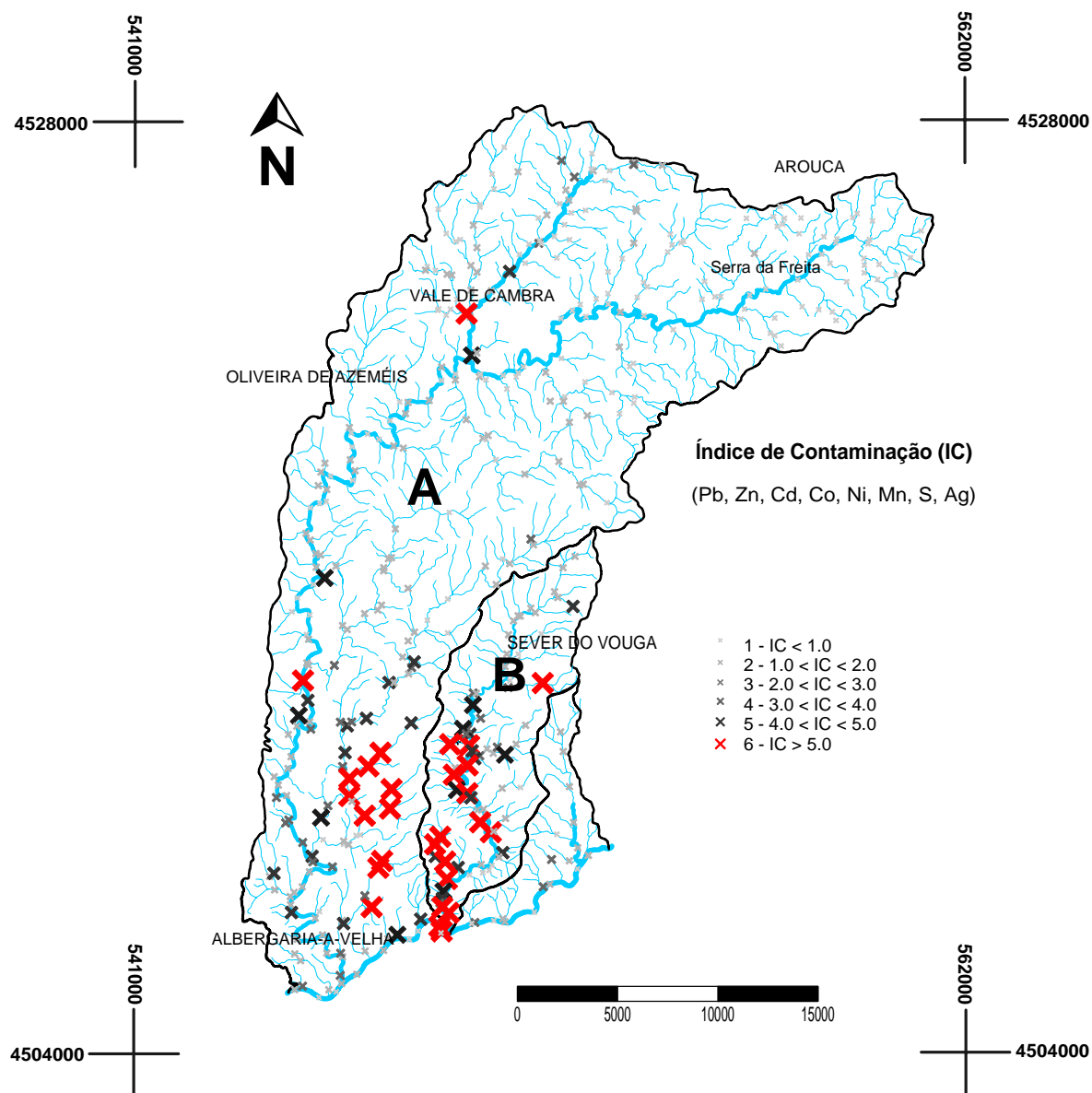


Figura 4.14

Cartografia do Índice de Contaminação (IC) para os sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas do rio Caima (A) e rio Mau (B).

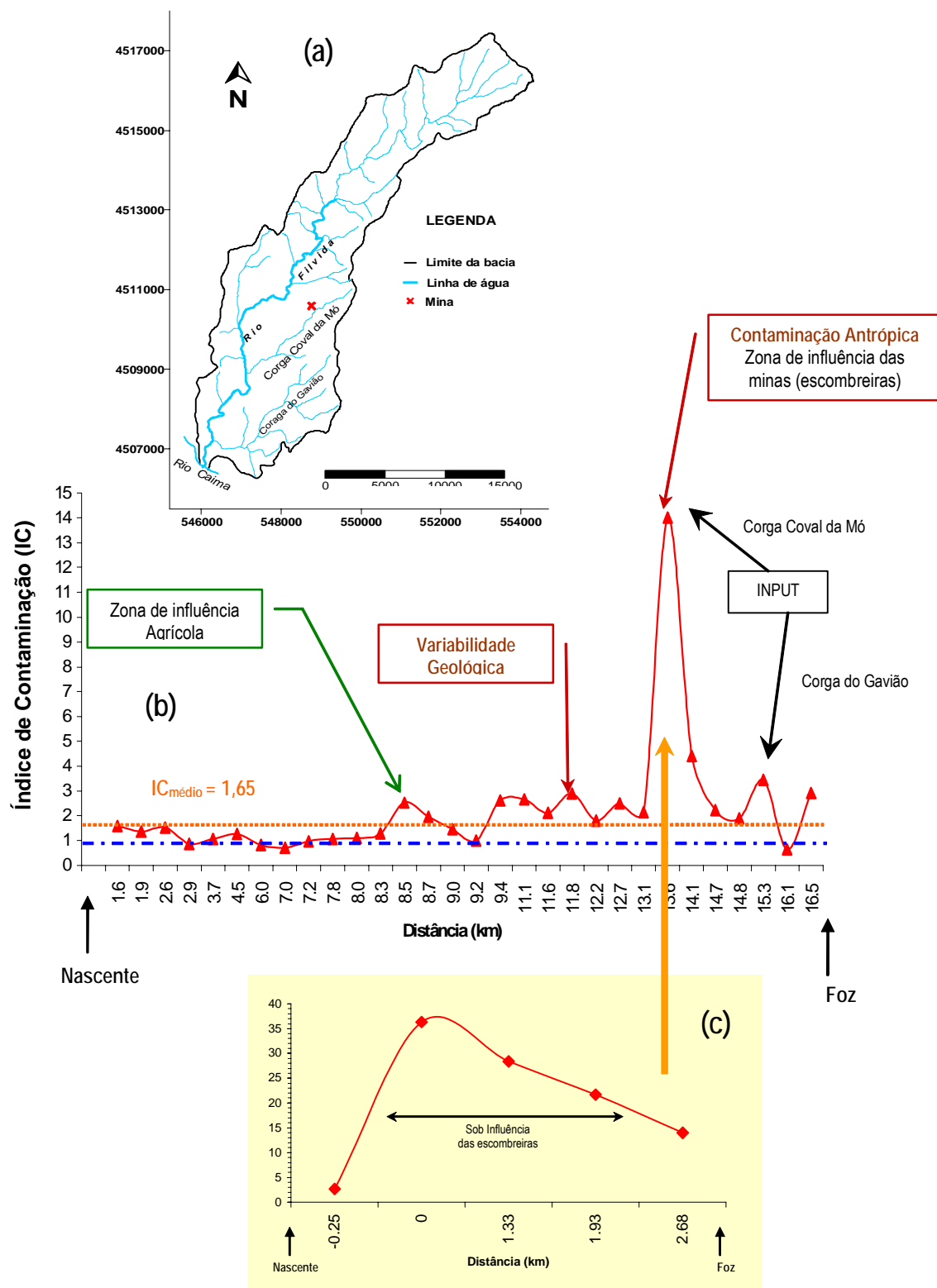


Figura 4.15

(a) Representação cartográfica da sub-bacia hidrográfica do rio Filvida e seus afluentes (Corga do Coval da Mó; Corga do Gavião); (b) Variação do IC nas amostras de sedimentos ao longo do rio Filvida (maior afluente do rio Caima); (c) Variação do IC nas amostras de sedimentos de linhas de água ao longo da Corga do Coval da Mó (afluente do rio Filvida).

Constata-se que o rio Fílvida, junto à sua nascente, apresenta valores de IC próximos de 1. À medida que se avança para jusante verifica-se um incremento no valor de IC para 1.5 relacionados provavelmente com a actividade antrópica (agrícola). Já na confluência com a Corga do Coval da Mó o valor de IC é superior a 10 e deve-se, sobretudo, à influência da mina do Coval da Mó valor este que depois sofre um decréscimo significativo após alguns quilómetros. Na confluência com a Corga do Gavião os valores de IC são superiores a 3, provavelmente devido à presença de filões mineralizados. Verifica-se também a ocorrência de uma ligeira redução do IC (diminuição dos teores de metais) a seguir à confluência do rio Fílvida com a Corga do Coval da Mó e também com a Corga do Gavião provocado pelo efeito de diluição (mistura de sedimentos não contaminados).

Os valores elevados de IC estão associados à forte taxa de erosão dos solos e das escombreyras, aliado à fraca estabilidade dos depósitos e às características finas do material. A dispersão química, resultante de mudanças de pH e de Eh, poderá ser responsável pelos elevados teores em metais nos sedimentos de linhas de água já que se identifica a presença de óxidos/hidróxidos de ferro amorfo nos sedimentos.

A figura 4.16 apresenta a variação dos factores de enriquecimento ($FE = \text{Teor do metal/valor de fundo}$) dos elementos vestigiais Pb, Zn, Cd, Co, Mn e Ni nos sedimentos de linhas de água ao longo do rio Fílvida e da Corga do Coval da Mó, evidenciando a contribuição de cada elemento no cálculo do índice de contaminação (IC). Analisando a figura constata-se que, ao longo do rio Fílvida, o Pb é o elemento predominante para a definição do índice (valores entre 11.7 e 1857 vezes superior ao valor de fundo geoquímico) seguido dos elementos Cd e Zn. Este facto está directamente relacionado com o material de escombreyras, no caso dos sedimentos do afluente Corga Coval da Mó, já que no material das escombreyras predominam entre outros minerais a galena (PbS) e a blenda (ZnS). No caso dos sedimentos da Corga do Gavião verifica-se que o elemento Pb é o mais importante na definição do valor do índice e parece estar associado à presença de pequenos filões mineralizados na área.

Existe na literatura uma grande variedade de valores de referência e critérios para definir a qualidade do sedimento com base em critérios químicos e/ou biológicos. Estes métodos têm como objectivo avaliar os impactos nas comunidades biológicas de um dado sistema aquático [WILSON & JEFFREY, 1987; LONG & MACDONALD, 1998; FERREIRA, 2000; CAEIRO et al., 2005; FIELD et al., 1999, 2002; MACDONALD et al., 2000; FAIREY et al., 2001; NASCIMENTO 2003; MOZETO et al., 2003].

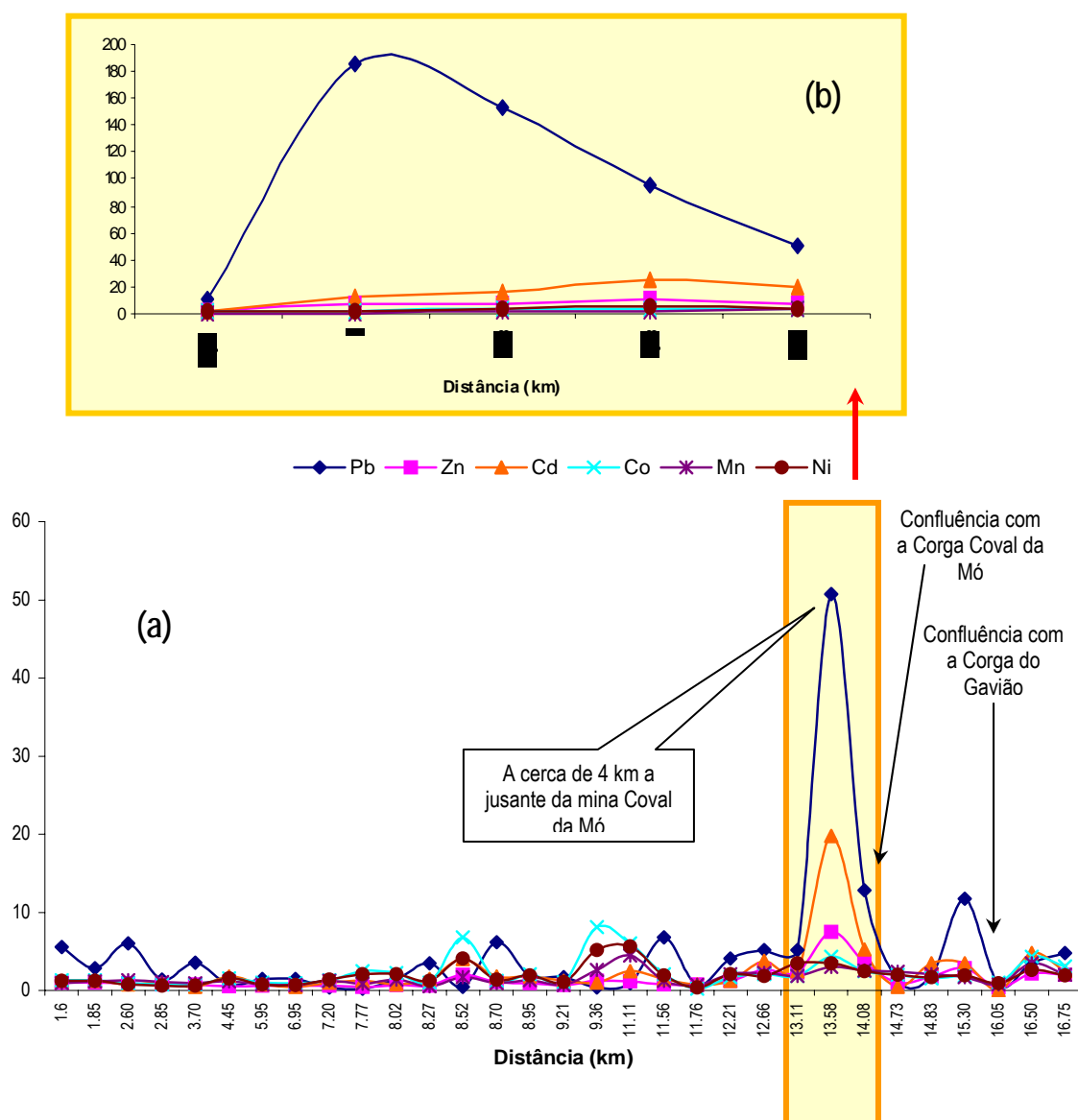


Figura 4.16

(a) Variação do Factor de Enriquecimento (FE) do Pb, Zn, Cd, Co, Mn, e Ni nos sedimentos de linhas de água do rio Filvida; (b) Variação do Factor de Enriquecimento (FE) do Pb, Zn, Cd, Co, Mn, e Ni nos sedimentos de linha de água da Corga do Coval da Mó (afluente do rio Filvida).

4.5 – Definição do grau de toxicidade nos sedimentos de linhas de água

Neste estudo a análise da qualidade dos sedimentos de linha de água foi efectuada tendo como linhas orientadoras os valores propostos no “*Consensus – Based Sediment Quality Guildelines*” desenvolvido pelo CSST [Contaminated Sediment Standing Team] em 2003. Segundo estes autores, os valores atribuídos ao nível 1, nível 2, nível 3 e nível 4, fornecem uma base precisa

para averiguar a presença de elementos químicos em concentrações consideradas tóxicas (Tabela 4.11).

Tabela 4.11

Valores guia para os elementos Pb, Zn, Cd, Mn, Ni e Ag (TEC, MEC e PEC) e níveis associados para a avaliação da qualidade do sedimento (adaptado de Consensus - Based Sediment Quality Guidelines; Recommendations for Use & Application, developed by the CSST (2003).

Metal	Valores guia (mg/kg)							Fonte bibliográfica
	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Nível 4	
	≤ TEC	TEC	> TEC ≤ MEC	MEC	> MEC ≤ PEC	PEC	> PEC	
Pb	←	36	↔	83	↔	130	→	CBSQG (2000)
Zn	←	120	↔	290	↔	460	→	CBSQG (2000)
Cd	←	0.99	↔	3.0	↔	5.0	→	CBSQG (2000)
Mn	←	460	↔	780	↔	1 100	→	Ontário (1993)
Ni	←	23	↔	36	↔	49	→	CBSQG (2000)
Ag	←	1,6	↔	1.9	↔	2.2	→	BC (1999)

Estes autores definem um teor abaixo do qual não são observáveis efeitos de toxicidade no meio (TEC – threshold effect concentration) e um teor correspondente a um provável efeito de toxicidade (PEC – probable effects concentration). Os teores do TEC e do PEC representados na Tabela 4.9 foram determinados recorrendo à pesquisa bibliográfica da especialidade. A variação dos valores entre o valor TEC e o valor PEC corresponde à ausência ou à presença de toxicidade do elemento químico no sedimento, respectivamente.

As figuras 4.17 e 4.18 apresentam a cartografia da distribuição espacial das concentrações do Pb, Zn, Cd, Mn, Ni e Ag tendo em consideração os níveis definidos pelos valores TEC, MEC, PEC para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003]. A cartografia destes elementos químicos permitiu evidenciar zonas das bacias com diferentes níveis de toxicidade.

Para se averiguar o grau de toxicidade resultante da presença de uma mistura de vários elementos químicos nos sedimentos, estimou-se o valor de $(PEC - Q)_{\text{médio}}$ de acordo com a seguinte equação:

$$(PEC - Q)_{\text{médio}} = \frac{\sum (PEC - Q)_{\text{elemento químico}}}{n^{\circ} \text{ elementos químicos}}$$

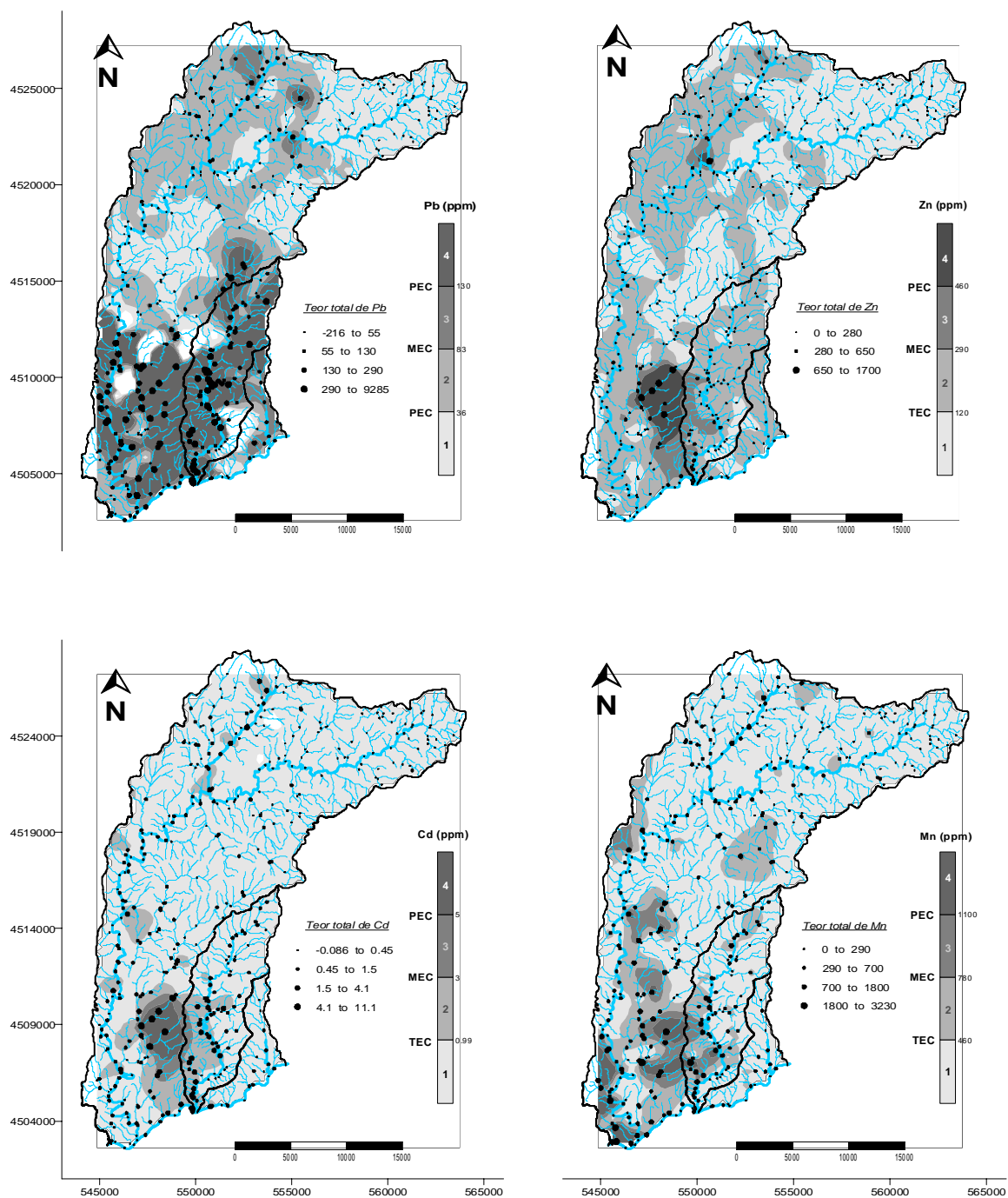


Figura 4.17

Cartografia dos teores de Pb, Zn, Cd e Mn nos sedimentos de linhas de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e trecho do rio Vouga tendo como referência os níveis definidos pelos valores TEC, MEC, PEC para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].

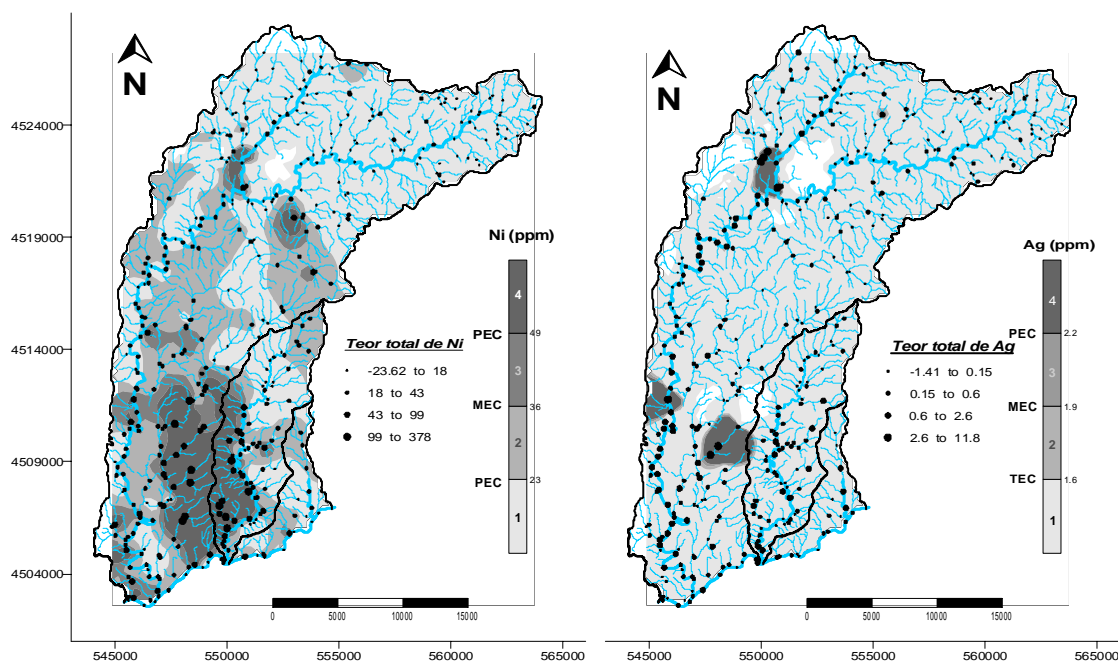


Figura 4.18

Cartografia dos teores de Ni e Ag nos sedimentos de linhas de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga tendo como referência os níveis definidos pelos valores TEC, MEC, PEC para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].

Esta equação foi estimada a partir do cálculo da razão entre a concentração de cada elemento na amostra pelo valor PEC. Os valores resultantes para cada elemento químico, designados por PEC-Q, são somados e divididos pelo número total de elementos químicos, de modo a obter-se o valor de $(PEC-Q)_{\text{médio}}$. Este valor permite determinar o grau de toxicidade do meio onde foi colhida a amostra. Tendo em consideração os valores de $(PEC - Q)_{\text{médio}}$ obtidos e considerando a fórmula proposta por MacDonald (2000) ($Y=101.48 (1- 0.36^x)$ com $x=(PEC - Q)_{\text{médio}}$), estimou-se o grau de toxicidade do meio (AIT – Average Incidence of Toxicity – Figura 4.19).

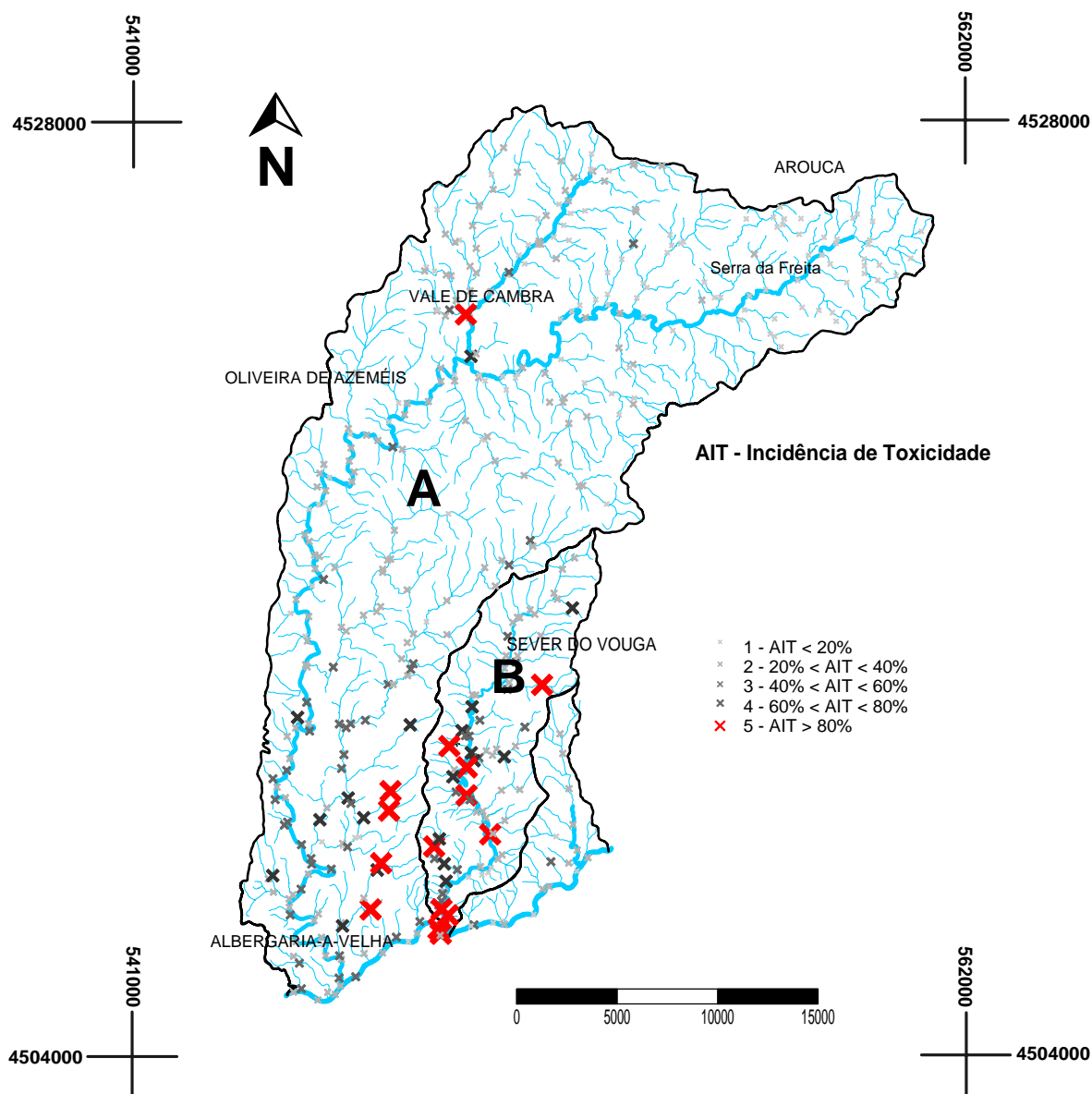


Figura 4.19

Cartografia da incidência da toxicidade nos sedimentos de linhas de água das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga tendo como referência o valor de PEC definido para avaliação da qualidade dos sedimentos [CSST, 2003].

A análise da figura 4.19 permite concluir que, em geral, as amostras de sedimentos de linhas de água não apresentam um grau de toxicidade relevante, uma vez os valores de AIT obtidos são relativamente baixos. São excepção as amostras localizadas nas proximidades das minas do Braçal e do Coval da Mó, que possuem um grau de toxicidade superior a 80%.

4.5.1 – Definição das fases suporte de Fe, Cu, Pb, Zn e Cd por Extracção Química Selectiva Sequencial

Com o objectivo de conhecer as fases suporte dos elementos Fe, Cu, Pb, Zn, Cd e sua biodisponibilidade realizou-se um estudo mais detalhado, aplicando a técnica de Extracção Química Selectiva Sequencial (EQSS) sobre o material de escombreira da mina do Coval da Mó e dos sedimentos de linhas de água da área envolvente.

Com base nos resultados preliminares das amostras do material de escombreyas e dos sedimentos de linhas de água foram seleccionadas cinco amostras representativas (amostras do sedimento de linha de água da Corga Coval da Mó - MCM, C79 e do rio Filvida - C85; amostras de escombreira da mina do Coval da Mó – Local 1 e Local 2).

Tabela 4.12

Resultados experimentais (mg kg⁻¹) das diferentes etapas de extracção química selectiva sequencial nas amostras de escombreyas e de sedimentos de linhas de água (L1 – Local 1; L2 – Local 2).

		Etapa I	Etapa II	Etapa III	Etapa IV	Etapa V	Etapa VI	Total
		Catiões de Troca	Óxidos de Mn	Óxidos Fe amorfos	Mat Org. e Sulfuretos	Óxidos Fe cristalinos	Resíduo	
Escombreira L1	Fe	937	675	9825	4171	5405	14400	35413
	Cu	8	< dl	12	28	< dl	36	84
	Pb	8480	934	362	1937	334	546	12593
	Zn	354	116	331	399	67	68	1335
	Cd	2.1	< dl	< dl	2.4	< dl	< dl	4.5
Escombreira L2	Fe	158	255	19920	121	24300	46120	90874
	Cu	3	< dl	30	1	30	139	203
	Pb	3231	235	1009	1427	2294	11062	19258
	Zn	1192	293	645	107	180	664	3081
	Cd	9.3	2.0	0.6	0.9	< dl	< dl	12.8
MCM	Fe	546	475	9333	8494	7919	15460	42227
	Cu	5	< dl	14	31	< dl	33	83
	Pb	11860	665	568	2113	771	670	16647
	Zn	180	68	249	695	93	116	1401
	Cd	1.0	0.4	< dl	4.2	< dl	< dl	5.6
C79	Fe	342	284	4709	2010	13850	13710	34905
	Cu	2	< dl	8	12	< dl	21	43
	Pb	1693	106	304	94	246	120	2563
	Zn	95	27	81	355	94	94	746
	Cd	1.0	< dl	< dl	1.8	< dl	< dl	2.8
C85	Fe	282	217	3490	206	10410	11460	26065
	Cu	1	< dl	4	3	2	17	27
	Pb	386	19	103	105	68	159	840
	Zn	31	9	28	115	40	55	278
	Cd	0.5	< dl	< dl	0.6	< dl	< dl	1.1

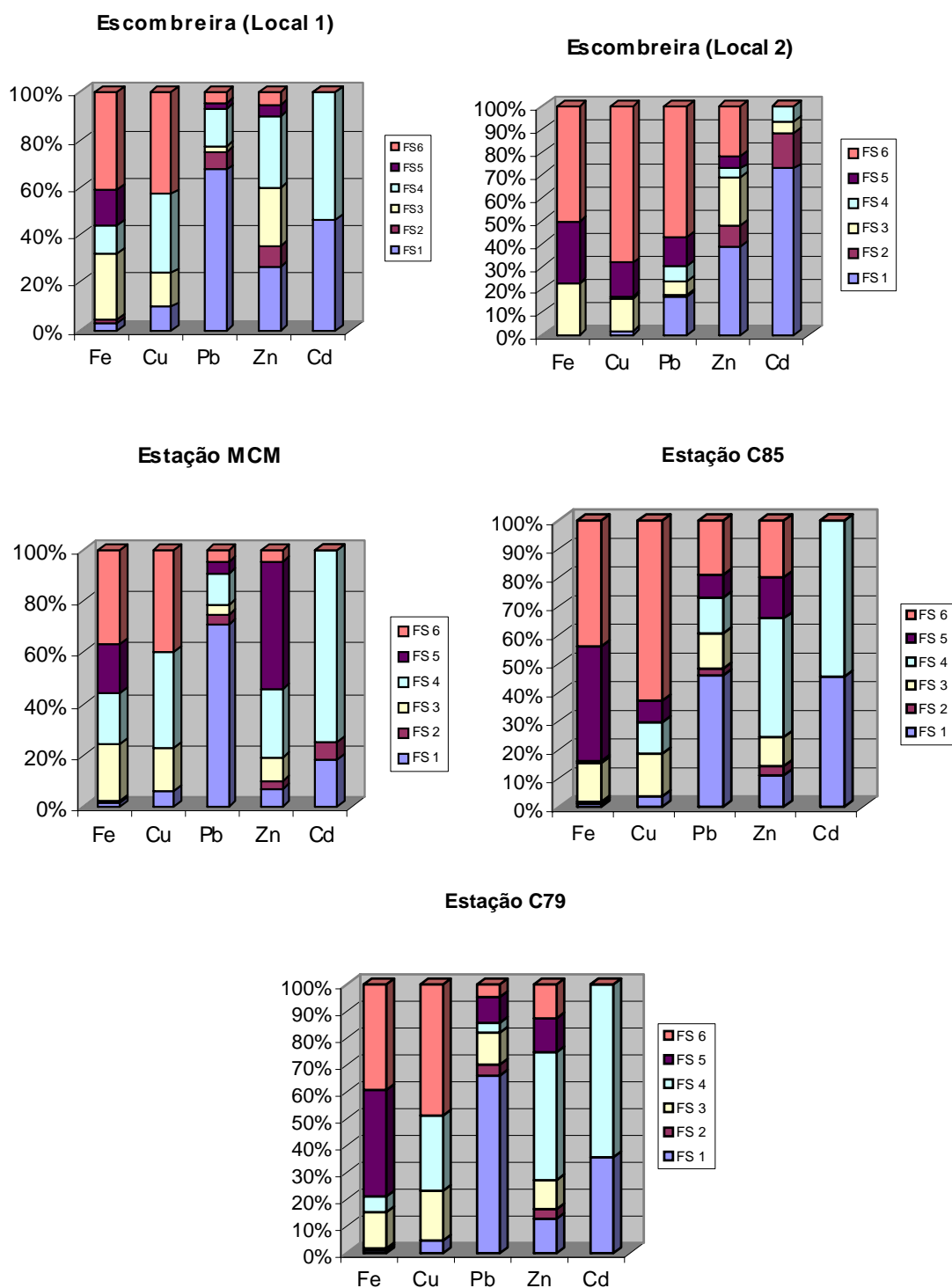


Figura 4.20

Resultados experimentais (mg kg^{-1}) da Extracção Química Selectiva Sequencial em amostras de escombreiras da mina do Coval da Mó (Local 1 e Local 2) e sedimentos de linhas de água da Corga do Coval da Mó (MCM, C79) e do rio Fílvida (C85). FS1 – Acetato de amónio; FS2 – Hidroxilamina; FS3 – Reagente de Tamm na obscuridade; FS4 – Peróxido de hidrogénio; FS5 – Reagente de Tamm sob radiação UV; FS6 – Decomposição triácida.

O estudo por Difracção de Raios X (DRX) das amostras da escombreira revelou que os minerais dominantes nas amostras estudadas são quartzo, feldspato, biotite, muscovite, illite e caulinite. Ocorrem também em concentrações significativas a pirite, a galena (argentífera) e a esfalerite (blenda cadmífera). Além destes minerais ocorrem também os sulfatos (anglesite) e carbonatos (siderite, cerrusite, e smithsonite).

Os resultados experimentais dos ensaios de extracção química selectiva sequencial (percentagem de extracção) relativos aos elementos Fe, Cu, Pb, Zn e Cd nas amostras de escombreira e dos sedimentos são apresentados na tabela 4.12 e figura 4.20. A análise dos resultados permite constatar que uma elevada percentagem de extracção de Pb (a percentagem da extracção varia entre 50% e 71%) está associada ao acetato de amónio (fracção de troca). Os valores da percentagem de extracção relativos ao peróxido de hidrogénio e à decomposição triácida são também importantes.

Com a excepção da amostra da escombreira (Local 2) onde a percentagem de extracção de Pb associada à decomposição triácida é significativa (57% da extracção), as elevadas percentagens de extracção do Pb associadas ao acetato de amónio sugerem que as fases suporte de Pb dominantes nas amostras são os minerais neoformados como a cerussite e a anglesite enquanto que o Pb extraído pela decomposição ácida e pelo peróxido de hidrogénio sugerem a presença de galena nas amostras.

De acordo com diversos autores [LAVILLE-TIMSIT et al., 1979; WILHELM et al., 1980] a oxidação dos sulfuretos é responsável pela formação das fases secundárias estáveis que são o vector principal dos metais, designadamente, os óxidos e hidróxidos de ferro e os minerais neoformados (por exemplo no caso do Pb temos como fase a anglesite).

O Zn é extraído principalmente pelo acetato do amónio (amostras de escombreira) e pelo reagente de Tamm na obscuridade e sob radiação UV (sedimentos de linhas de água e amostras de escombreira). Estes resultados sugerem que as fases suporte do Zn são os catiões de troca e carbonatos como a smithsonite e também com os óxidos amorfos e cristalinos de ferro (goethite enriquecida em Zn). No caso do Cd os resultados são similares aos do Zn uma vez que a esfalerite (blenda) é enriquecida em cádmio. A elevada percentagem de extracção do Cd pelo acetato de amónio (18 - 73% da extracção) indica que o Cd pode ser facilmente libertado e transportado em solução.

No caso do Cu verifica-se que a fase suporte mais importante são os sulfuretos (calcopirite) com percentagens elevadas de extracção pelo peróxido de hidrogénio e pela decomposição triácida.

Para avaliar o impacto a curto prazo foi calculado o índice de risco [KOO KIM et al., 2001], índice este que resulta da modificação do índice de contaminação (IC). Este índice foi calculado através da média da concentração da fracção trocável (teores extraídos pelo acetato de amónio), determinada pela análise sequencial da extracção, de acordo com a equação, tendo como valores de referência os valores propostos por ADRIANO (1986):

$$\text{Índice de Perigo (IR)} = \frac{\text{Concentração relativa aos catiões de troca} / \text{Valor referência}}{\text{número de elementos}}$$

A amostra MCM apresentou um valor significativamente elevado de Índice de Perigo (1762) enquanto que para as amostras C79 e C85 os valores foram substancialmente mais baixos (258 e 60, respectivamente). Estas amostras contêm metais em quantidades que podem causar fitotoxicidade. Comparando os valores do índice de Contaminação (IC) com os valores do Índice de Risco verifica-se que o IR apresenta valores muito mais elevados do que IC. Convém referir que estes resultados apresentam valores muito elevados que resultam das elevadas concentrações em Pb. As zonas que apresentam valores de risco mais elevados devem ser as prioritárias para efeitos de remediação.

4.6 – Definição do grau de toxicidade para as plantas na envolvente das minas

A flora pode ser lesada indirectamente pela actividade mineira activa ou inactiva, em que os efeitos, para além de se manifestarem na área envolvente da exploração, podem fazer-se sentir em locais distantes devido a diversos vectores de dispersão [FAVAS, 1999; PRATAS, 1996].

As concentrações dos elementos vestigiais nas plantas estão relacionadas com a abundância dos mesmos nos solos ou nas rochas subjacentes [ERNST, 1990]. Esta relação existente entre a vegetação e o substrato há muito que é do conhecimento de naturalistas e prospectores de minérios [BROOKS, 1983; KOVALEVKY, 1979, in FAVAS, 1999].

Alguns elementos vestigiais constituem nutrientes essenciais (micronutrientes) ao crescimento das plantas, mas podem também ter efeitos tóxicos nas células vegetais quando em

altas concentrações. A toxicidade é também o resultado de factores complexos intrínsecos à condição do meio. A génese do solo e as suas propriedades são apontadas como os principais factores que controlam os micronutrientes e que podem ser drasticamente modificadas no seu equilíbrio natural sob a acção dos processos associados à contaminação de origem antrópica [KIEHL, 1979; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 1984].

Os organismos vivos, e as plantas em particular, revelam uma capacidade natural para a selecção de elementos químicos, embora sejam muito dependentes das condições geoquímicas. Determinados factores ambientais que têm um efeito adverso nas plantas podem causar quer evolução, quer alterações drásticas num curto período de tempo, envolvendo algumas gerações na vida das espécies vegetais. Este fenómeno de adaptação e tolerância de populações a elevados teores de elementos vestigiais tem sido observado com frequência, especialmente em microorganismos e plantas, quer em províncias geoquímicas naturais, quer em condições antrópicas [PRATAS, 1996]. O metabolismo vegetal é muito complexo e gere-se por factores de competição e biodisponibilidade de metais vestigiais, essenciais ou não aos organismos, plantas ou animais, criando dependência às formas de transporte, selecção e retenção nos tecidos biológicos. Esses processos estão fortemente dependentes dos processos metabólicos inerentes a cada espécie ou órgão sendo a resposta diferenciada [PRATAS, 1996]. A composição química de uma planta é função de um grande número de factores activos. De entre estes factores é possível distinguir os fisiológicos (internos), causados pelos processos da actividade vital das próprias plantas, e os ecológicos (externos) relacionados com os factores climáticos, pedológicos, geológicos, entre outras condições do habitat externo [ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000].

Tabela 4.13

Quantidades acumulativas ou concentrações máximas permitidas no solo em diversos países para alguns metais pesados.

Concentrações	Referências
* Cd – 3.0; Cu – 150; Pb – 375; Ni – 150; Zn – 600; As – 20; Suíça* Cd – 7.5; Cu – 250; Pb – 250; Zn – 500 USEPA* Cd – 19.5; Cr – 1500; Cu – 750; Hg – 8.5; Ni – 210; Pb – 150; Zn – 1400 Holanda Cd – 1,6; Cr – 100; Cu – 40; Hg – 2.2; Ni – 38; Pb – 140; Zn – 160; As – 34; Co – 33	CCME (1991) KING (1996) SAEFL (1998) CROMMENTUIJN et al. (2000)

Nota: Todas concentrações são expressas em mg kg⁻¹ excepto os valores para o Canadá que são expressos em µg g⁻¹; *Adaptado de Accioly & Siqueira, (2000).

As explorações mineiras em geral, e particularmente as metálicas, são responsáveis pela quebra dos ciclos nutritivos naturais, ao submeter a vegetação envolvente a quantidades elevadas de elementos vestigiais, superiores às quantidades verificadas em solos naturais [ERNST, 1990; GUTIERREZ MAROTO et al., 1997]. Vários trabalhos referem as concentrações de metais pesados em espécies vegetais, incluindo as de consumo humano, quer associadas a zonas não contaminadas quer em zonas afectadas pela actividade mineira activa ou abandonada [ERNEST, 1990; WICKLAND, 1990; VANGRONVELD et al., 1995; NAGARAJU & PRASAD, 1998; FAVAS, 1999; FREITAS et al., 2004a,b; PRATAS et al., 2005]. A tabela 4.13 apresenta as concentrações consideradas críticas para alguns contaminantes do solo em alguns países.

Os metais pesados (Cu, Zn, Pb, etc...) e outros metais (Al, Mg, etc...), presentes num solo (Tabela 4.14), ao serem absorvidos pelas plantas podem ser tóxicos impedindo o seu crescimento ou mesmo provocar a sua morte [ERNST, 1990; WICKLAND, 1990; GUTIERREZ MAROTO et al., 1997].

Tabela 4.14

Fontes de metais pesados no solo.

Rota de entrada no solo	Contaminantes
Deposição de rejeitos industriais, extracção e processamento de minério (galvanoplastia, baterias, pigmentos, ligas metálicas, caldeiras, radiadores)	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Fertilizantes e pesticidas	Cd, Cr, Cu, Hg, Zn
Lodos de estação de tratamento de esgoto urbano e industrial	Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Deposição atmosférica	Cd, Pb, Zn

Fonte: KING (1996) in ACCIOLY & SIQUEIRA, (2000).

Por outro lado, existem também várias espécies de plantas, capazes de acumular e tolerar elevadas concentrações de metais pesados, podendo conduzir a diversas aplicações práticas, entre elas como excelentes indicadores de ambientes mineralizados [PRATAS, 1996; CUNNINGHAM & OW, 1996; BAKER & BROOKS, 1989] e na fitorremediação¹, ou seja, na revegetação de áreas degradadas e contaminadas [VANGROSVELD et al., 1995a; SALT et al., 1995; LAMBERT, et al., 1997; EBBS et al., 1997; EBBS & KOCHIAN, 1998; ZAYED et al., 1998; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000]. Desta forma, é cada vez maior o número de artigos em revistas científicas sobre comunidades de plantas em solos

¹ Consiste no procedimento que envolve o emprego de plantas que, se aplicadas no local contaminado, removem, imobilizam ou tornam os contaminantes inofensivos ao ecossistema. A sua concepção funcional é baseada na fisiologia vegetal, na bioquímica do solo e na química dos contaminantes (NYER & GATLIFF, 1996)

contaminados com metais e suas aplicações em biogeoquímica e na estabilização/remediação de zonas mineiras [FREITAS et al., 2004a,b; BADRI & SPRINGUEL, 1994].

Alguns trabalhos científicos referem que os estudos sobre a utilização de espécies vegetais como indicadoras de contaminação naturais ou induzidas por actividades antropogénicas assentam basicamente na observação da capacidade de resposta apresentada por essas espécies vegetais à retenção dos elementos presentes no substrato (KABATA-PENDIAS, 2001; PRATAS, 1996).

O estudo de plantas, que se desenvolvem nas proximidades de minas, permite efectuar uma caracterização mais completa dos locais e obter informações que possibilitem uma melhor interpretação das condições do ambiente através da análise das características de cada espécie e da tolerância aos metais pesados o que requer uma análise das concentrações desses elementos não só nos solos mas principalmente nas próprias espécies vegetais [GUTIERREZ MAROTO et al., 1997; PRATAS, 1996].

4.6.1 – Descrição das espécies e caracterização química

O presente trabalho pretende efectuar uma avaliação do comportamento das espécies de plantas originárias de dois locais com solos contaminados¹/poluídos² (mina do Palhal-MP, mina do Coval da Mó-MCM) e de um local de referência (Estação SF1) considerado como fundo geoquímico. O objectivo fundamental deste estudo é o de efectuar uma avaliação do impacto químico das áreas afectadas por actividades mineiras de modo a ter-se uma visão integrada dos diferentes compartimentos ambientais (sedimentos, água, plantas e algas).

Neste estudo foram seleccionadas 6 espécies de plantas (*Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, *Quercus robur* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Holcus lanatus* L., *Pinus pinaster* Aiton e *Lonicera periclymenum* L.), com o mesmo período vegetativo, de modo a evitar oscilações na composição química com a diferença de idade [SERRANO E CARDOSO FONSECA, 1989; PRATAS, 1996]. PRATAS (1996) refere a importância de determinado grupo de espécies serem capazes de indicarem a presença de mineralizações de Ag-Pb-Zn (*Lonicera periclymenum* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata*, de Ag-Pb-Zn

¹ Solo contaminado é aquele que apresenta concentrações de determinada espécie química acima do esperado em condições naturais, não existindo, até ao presente, definição clara para concentrações que determinam ser um solo considerado contaminado ou não (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

² Solo poluído é aquele que contém concentrações de um determinado contaminante que chegam a afectar os componentes bióticos dos ecossistemas, comprometendo a funcionalidade e sustentabilidade do ecossistema, não sendo, portanto, um solo contaminado necessariamente poluído (ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000).

(*Lonicera periclymenum* L., *Rubus ulmifolius* Schott, *Pinus pinaster* Aiton) e de As-Cu-W (*Pinus pinaster* Aiton).

No que refere aos elementos químicos foram seleccionados os elementos Pb, Zn, Ag, Co, Ni, Cd, Mn, e As tendo como referência os resultados obtidos da Análise em Componentes Principais, acrescido dos elementos Cr, As e Cu. Na tabela 4.15 apresentamos os níveis de toxicidade¹ para as plantas de alguns dos elementos químicos mais importantes.

Tabela 4.15

Toxicidade¹ para as plantas dos elementos químicos mais importantes [adaptado de KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1984; NAVARRO FLORES et al., 1998].

Elemento	Espécie de maior toxicidade	Níveis normais	Toxicidade para as plantas
Pb	Pb ²⁺	5-10	M (30-300)
Zn	Zn ²⁺	27-150	BM (100-400)
Ag			()
Cr	Cr ²⁺	0.1-0.5	ME (5-30)
Co	Co ²⁺	0.02-1	ME (15-50)
Ni	Ni ²⁺	0.1-5	ME (10-100)
Mn	Mn ²⁺	20-300	BM (300-500)
As	As ₄ ³⁻	1-1.7	ME (5-20)
Cd	Cd ²⁺	0.05-0.2	ME (5-30)
Cu	Cu ²⁺	5-30	ME (20-100)

E – toxicidade elevada; M – toxicidade moderada; B – baixa toxicidade; (valores entre parêntesis) – concentração em mg kg⁻¹ nas plantas, indicadoras de sensibilidade e tolerância.

Os resultados analíticos integrais para cada espécie e por órgão vegetal, assim como a concentração dos elementos estudados nos solos subjacentes (substrato das plantas) são apresentados no anexo (Anexo IV), e que se resumem nas tabelas IV.1 e IV.2. Efectuou-se uma caracterização das amostras das seis espécies colhidas em locais contaminados e em locais representativos do fundo biogeoquímico¹ e de fundo geoquímico² assim como uma comparação entre as concentrações dos elementos nas espécies de plantas e nos respectivos substratos. Considerou-se como base neste estudo, os valores considerados como limites para os solos (Tabela 4.13) e plantas (Tabela 4.15).

¹ A toxicidade de um metal ou composto metálico pode ser definida como sua capacidade intrínseca de causar efeito deletério às espécies vivas, incluindo os potenciais efeitos carcinogénico, mutagénico e teratogénico.

² Relativo ao teor total do elemento químico na planta, colhida em local sem contaminação

³ Relativo ao teor total do elemento químico no solo, colhido em local sem contaminação

4.6.1.1 - *Rubus ulmifolius* Schott

Esta espécie, designada vulgarmente por silvas, é vulgarmente encontrada em todo o país, em vários tipos de condições climáticas e de substrato. Pertence à família das Rosaceae e tem alguma representatividade na sua distribuição na área estudada. Ocorre frequentemente em clareiras de matas, matos, sebes e pousios.

A tabela 4.16 apresenta as concentrações obtidas para a espécie *Rubus ulmifolius* Schott tendo em consideração as diferentes componentes e as concentrações do respectivo substrato.



Figura 4.21

Rubus ulmifolius Schott (foto obtida na mina do Palhal).

Tabela 4.16

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Rubus ulmifolius* Schott e respectivo substrato. Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina Coval da Mó										
Folhas	38	37	0.25	1	1	5	176	2.5	0.2	4
Caule	127	394	0.50	3	1	4	90	2.5	3.3	7
Raiz	2096	1293	0.70	4	5	22	132	2.5	9.7	26
Solo	4906	913	3.10	96	17	36	920	54	4.5	97
Mina do Palhal										
Folhas	7	46	0.25	2	1	5	287	5	0.2	6
Caule	19	77	0.25	1	1	2	61	2.5	1.2	3
Raiz	2.5	16	0.25	3	1	7	22	16	0.5	5
Solo	173	125	2.40	31	15	24	1049	4625	2.8	150
Serra da Freita - Zona representativa do Fundo Biogeoquímico										
Folhas	2.5	37	0.25	1	1	1	389	2.5	0.2	7
Caule	2.5	45	0.25	3	1	2	206	2.5	0.2	12
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	46	58	0.25	11	1	4	62	7	0.2	6

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

A análise da tabela 4.16 permite constatar que existe uma diferença entre as concentrações na espécie colhida na área isenta de contaminação (valor de fundo biogeoquímico) em relação à espécie que foi amostrada na área anómala.

O Pb é o elemento com maior destaque na área da mina do Coval da Mó, uma vez que ocorre em concentrações extremamente elevadas (107 vezes superior aos teores de Pb nos solos representativos do fundo geoquímico). Por sua vez, na área da mina do Palhal, destacam-se os teores extremamente elevados em As (661 vezes superior aos teores de As nos solos representativos do fundo geoquímico). A presença de elevadas concentrações de Pb, Zn, Ni e Cd, no que diz respeito à área do Coval da Mó, assim como de As na mina do Palhal, enquadram-se dentro do intervalo de valores que conferem toxicidade do meio para as plantas.

Denota-se que a espécie *Rubus ulmifolius* Schott, amostrada na área da mina do Coval da Mó apresenta um comportamento distinto da mesma espécie na mina do Palhal. Do material vegetal colhido na área da mina do Coval da Mó, as raízes foram as que reflectiram com maior evidência as elevadas concentrações de Pb, Zn e Cd presentes nos solos. Para os mesmos elementos verificou-se que a mesma espécie oriunda da área da mina do Palhal, não respondeu de forma idêntica uma vez que os teores são substancialmente mais baixos. Apesar de ocorrerem no local elevadas concentrações de As e Mn não se verificou uma acumulação preferencial destes elementos em nenhuma das componentes da referida espécie.

Diversos factores, relacionados com aspectos fisiológicos próprios de cada planta, podem conduzir a que estas não incorporem os elementos vestigiais em quantidades que traduzam o teor dos elementos contidos no solo subjacente. Também factores inerentes à capacidade de adsorção de elementos vestigiais nos minerais argilosos e na matéria orgânica e a troca destes com as raízes, podem condicionar a capacidade de absorção pelas plantas. FAVAS (1999) verificou que através da relação planta/solo (CAB)¹, a generalidade das espécies de plantas estudadas apresentaram relações idênticas relativamente à absorção dos elementos doseados, e que tal facto, atendendo às variedades das espécies, deverá ser atribuído, para além dos efeitos fisiológicos, ao comportamento dos elementos em questão, atendendo às propriedades dos respectivos solos.

A análise da tabela 4.16 permitiu ainda constatar que apesar das elevadas concentrações de As e Mn nos solos oriundos da área da mina do Palhal, não foram registados valores anómalos

¹ CAB – Coeficiente de Absorção Biológica, que KOVALEVSKY (1969) in FAVAS (1999) definiu como sendo a relação entre a concentração de um elemento nas cinzas da planta (Cp) versus concentração do mesmo elemento no solo (Cs)(FAVAS, 1999).

no material vegetal. Este comportamento pode estar associado ao facto dos solos da envolvente da área da mina do Palhal, apresentarem uma maior capacidade de retenção dos metais, evidenciado pelo baixo valor da relação entre as concentrações dos elementos vestigiais nas estruturas das plantas e as concentrações desses mesmos elementos no solo. Por outro lado, este comportamento sugere que esta espécie apresente uma possível barreira fisiológica de absorção ou outro mecanismo que inibem à absorção dos metais (As, Mn).

Uma situação contrária foi verificada na envolvente da área da mina do Coval da Mó em que essa relação aumentou, designadamente para os elementos Pb, Zn e Cd o que reflecte um aumento da biodisponibilidade destes elementos para serem assimilados pelas plantas. Neste caso as plantas demonstram ser tolerantes aos metais (Pb, Zn, Cd), o que reflecte a possibilidade de ser uma boa indicadora destes metais para prospecção biogeoquímica. Idênticos resultados foram obtidos por PRATAS (1996) relativamente ao As e Zn.

4.6.1.2 - *Pinus pinaster* Aiton

Espécie arbórea da família das Pinaceae, designada vulgarmente por pinheiro-bravo (Figura 4.22), pode atingir cerca de 40m de altura, com copa piramidal enquanto nova, mais tarde cilindro-cónica e por fim mais ou menos rasa [FRANCO, 1971].



Figura 4.22

Pinus pinaster Aiton (Pinheiro-bravo). A foto foi obtida na mina do Palhal.

Aparece em todo o território nacional formando extensas manchas em associação, por vezes, com eucaliptos. Por ser uma planta com grande importância económica tem sido largamente plantada e explorada em quase todo o território nacional, em altitudes não excedendo os 1000m e em terrenos pobres, arenosos ou xistosos. Esta espécie, provavelmente espontânea nas areias do litoral do norte e centro do país, teve a sua área amplamente expandida para o interior desde há pouco mais de um século, muitas vezes em prejuízo das matas caducifólias locais e do respectivo ambiente. Devido aos flagelos dos incêndios nas últimas décadas, e/ou pela substituição por espécies de rápido crescimento como o eucalipto, a sua área tem sido sensivelmente reduzida. Esta espécie foi encontrada nos 3 locais de amostragem com uma maior representatividade na zona da Serra da Freita.

Tabela 4.17

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Pinus pinaster* Aiton (Pinheiro-bravo). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina Coval da Mó										
Folhas	2.5	233	0.25	2	1	8	99	2.5	3.2	3
Caule	6	117	0.25	3	1	7	23	2.5	4.7	5
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	3882	514	2.4	100	11	29	532	35	1.4	82
Mina do Palhal										
Folhas	2.5	50	0.25	2	1	5	70	55	0.8	7
Caule	2.5	44	1.1	3	1	2	37	215	1.9	11
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	755	567	8.9	100	69	59	206	6840	1.7	195
Serra da Freita - Zona representativa do Fundo Biogeoquímico										
Folhas	2.5	38	0.25	2	1	2	55	2.5	0.2	4
Caule	2.5	27	0.25	3	1	1	29	2.5	0.4	6
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	75	48	0.25	15	1	8	43	19	0.4	10

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

Uma primeira análise os resultados obtidos (Tabela 4.17) evidencia que as concentrações nas amostras de solo e das plantas amostradas da área isenta de contaminação são mais baixas, comparativamente às concentrações das amostras que pertencem às áreas sob influência da actividade mineira (anómala). A presença destes valores, que podem ser considerados anómalos, é fundamentalmente controlada pela presença do material de escombrelas.

Os resultados analíticos do material vegetal pertencente a área da mina do Coval da Mó denotam a presença de concentrações de Pb e Zn susceptíveis de causar toxicidade. O Pb foi o

elemento que registou maior concentração no solo da mina do Coval da Mó, atingindo valores 52 vezes superiores à concentração do solo representativo do fundo geoquímico local seguida do elemento Zn e Mn, com valores 10.7 e 12.4 vezes superiores ao fundo geoquímico local, respectivamente.

O material vegetal pertencente à área da mina do Palhal, não reflecte os teores dos metais dos solos subjacentes, excepção verificada para o As. Os solos apresentam uma concentração em As extremamente elevada (valores 360 vezes superior ao valor de fundo geoquímico) e que se reflecte nos diferentes componentes da planta (folha - 22 vezes superior e caule - 86 vezes superior aos valores obtidos para a mesma espécie na zona do fundo geoquímico). Este comportamento é justificado pelo facto dos indivíduos terem sido amostrados directamente sobre o material da escombreira.

O Cd foi o único elemento químico que ocorreu em maiores concentrações no material vegetal das áreas anómalas em relação ao solo. A absorção e acumulação deste elemento por plantas ocorre de forma limitada, no entanto, em locais com alta concentração poderá ocorrer redução do crescimento vegetal ou, desenvolver tolerância a esse metal quando expostas durante longos períodos [WHO, 1994; RUDD, 1987 in NASCIMENTO, 2003].

Através da relação planta/solo das concentrações das amostras pertencentes às áreas anómalas, é possível constatar que os solos da área da mina do Palhal, apresentam uma maior capacidade de retenção dos metais, evidenciado pela proporcionalidade das concentrações desses no solo em relação às concentrações nas estruturas das plantas, com destaque para o Zn, ao contrário do que foi verificado para a área da mina do Coval da Mó, em que estes elementos mostraram estar mais biodisponíveis.

A espécie em questão parece apresentar uma possível barreira fisiológica de absorção do Pb, uma vez que as elevadas concentrações nos solos não se reflectem nas estruturas vegetais subjacentes. Parece ser uma boa indicadora da mineralização de Zn, Cd, e As, tendo em conta reflectir nas suas estruturas vegetais as elevadas concentrações verificadas no solo, já que revela uma possível tolerância a estes. Estudos conduzidos por PRATAS et al. (2005), referem a tolerância desta espécie ao As.

4.6.1.3 - *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata* (erva-das-sete-sangrias)

Esta espécie, designada vulgarmente por erva-das-sete-sangrias (Figura 4.23), pertence à família das Boraginaceae e geralmente ocorre em matos xerofílicos, sobre solos normalmente ácidos.

As concentrações de metais pesados verificados nos solos anómalos, são extremamente elevadas quando comparadas com as amostras de solo representativos do fundo geoquímico local, em particular o Pb (5-67 vezes), As (5-56 vezes), Zn (5-12 vezes), Cd (2-9 vezes) e Mn (2-8 vezes).



Figura 4.23

Lithodora prostrata (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata* (erva-das-sete-sangrias). A foto foi obtida na mina do Palhal.

Os resultados analíticos apresentados na tabela 4.18, mostram que esta espécie, que foi amostrada quer na zona representativa do fundo geoquímico local, quer nas zonas envolventes das minas abandonadas do Coval da Mó e Palhal, apresenta concentrações relativamente altas nas zonas contaminadas, nomeadamente em relação ao Pb, Zn e Cd. Estudos conduzidos por SERRANO & CARDOSO FONSECA (1989), verificaram para a mesma espécie em relação ao Pb, uma razão planta/solo bastante elevada.

A espécie não reflectiu nas diferentes componentes analisadas os elevados teores de Mn e As verificados para os solos apresentando uma relação planta/solo extremamente baixa.

Tabela 4.18

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata* (erva-das-sete-sangrias). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina Coval da Mó										
Folhas	25	433	0.5	1	1	14	70	2.5	1.3	28
Caule	38	195	0.25	2	1	8	31	2.5	2.3	8
Raiz	264	835	0.25	1	2	14	45	2.5	7.4	9
Solo	4906	913	3.1	96	17	36	920	54	4.5	97
Mina do Palhal										
Folhas	6	44	0.25	3	2	8	79	6	0.2	18
Caule	32	80	0.5	3	4	11	53	2.5	0.6	29
Raiz	81	24	0.25	2	2	7	33	2.5	0.6	16
Solo	390	359	2.2	77	48	145	267	613	1	492
Serra da Freita - Zona representativa do Fundo Biogeoquímico										
Folhas	2.5	29	0.25	2	1	11	149	2.5	0.8	9
Caule	2.5	35	0.25	2	1	5	88	2.5	0.5	5
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	73	76	0.25	77	9	26	121	11	0.5	19

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

As espécies amostradas na área da mina do Coval da Mó reflectem em todas as suas estruturas, de forma acentuada, os valores anómalos de Pb, Zn e Cd presentes nos solos. Destaque para o Zn por apresentar uma concentração 15 vezes (folhas) superior à do fundo biogeoquímico local e do Pb com valores 15 vezes (caule) e 10 vezes (folhas) superiores ao valor de fundo.

Já as plantas colhidas na mina do Palhal, não reflectiram de uma forma tão acentuada as concentrações anómalas de Pb, Zn e Cd. Refira-se o caso particular do As que apesar de ocorrer em concentrações elevadas no solo apresentou concentrações muito baixas nas diferentes componentes da espécie.

Do material vegetal colhido, no geral, as raízes foram as que reflectiram melhor as anomalias verificadas nos solos subjacentes para a maioria dos metais, enquanto as folhas reflectiram com maior evidência somente o Mn.

Mais uma vez, verificou-se uma maior disponibilidade dos metais nos solos da mina do Coval da Mó, enquanto nos solos da área da mina do Palhal parece haver uma maior capacidade de retenção dos metais.

4.6.1.4 - *Lonicera periclymenum* L. (madresilva)

Esta espécie de planta pertencente à família das Caprifoliaceae é vulgarmente conhecida por madresilva (Figura 4.24). Esta espécie é uma forma arbustiva e com hábito de trepadeira ou com caule rastejante.

Encontra-se representada em quase todo o país, no noroeste e centro (à excepção do centro oeste), sudeste setentrional do país e, na terra fria transmontana, encontrando-se preferencialmente nas sebes, na bordadura de matas ou em locais húmidos. No entanto, a sua distribuição na área em estudo é diminuta e foi identificada somente em 2 locais, na mina do Palhal e Serra da Freita.



Figura 4.24

Lonicera periclymenum L. (madresilva). A foto foi obtida na mina do Palhal.

A análise dos resultados da tabela 4.19 permite verificar que o solo amostrado na mina do Palhal, apresenta uma concentração de metais extremamente elevada quando comparado com os valores obtidos para o solo representativo do fundo geoquímico local (As - 104 vezes superior; Cd - 20 vezes superior; Co - 10 vezes superior; Cu - 8 vezes superior; Mn - 4 vezes superior e Ni - 4 vezes superior). O As é o elemento que merece maior destaque, por ocorrer nos solos em concentrações extremamente elevadas (7490 mg kg⁻¹), podendo ser um elemento com elevado

risco para o meio ambiente. Estas concentrações, nomeadamente o As, Cd e Cu, são susceptíveis de causar toxicidade em plantas.

Tabela 4.19

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Lonicera periclymenum* L. (madresilva). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina do Palhal										
Folhas	2.5	96	0.25	3	1	1	454	24	0.6	60
Caule	2.5	132	0.25	2	1	5	334	10	1.5	10
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	191	184	2.3	36	21	32	1008	7490	4.0	160
Serra da Freita - Zona representativa do Fundo Biogeoquímico										
Folhas	2.5	93	0.25	1	1	1	85	2.5	0.2	8
Caule	2.5	29	0.25	1	1	1	20	2.5	0.2	10
Raiz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	39	109	0.25	26	2	9	241	72	0.2	20

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

Os resultados mostram que no caso da espécie *Lonicera periclymenum* L., as folhas foram as que melhor reflectiram as anomalias verificadas nos solos relativamente ao Mn, As e Cu, enquanto o caule foi o que apresentou valores mais elevados para o Cd.

A análise global dos resultados permite concluir que a resposta da espécie *Lonicera periclymenum* L. não é uma boa indicadora da presença de elevadas concentrações de As e Cd nos solos. Tal facto poderá estar atribuído às características fisiológicas da planta e/ou a baixa biodisponibilidade dos metais no solo subjacente, atribuído possivelmente a uma maior capacidade de retenção dos mesmos pelo solo.

Estudos realizados por FAVAS (1996) referem que a espécie parece ser uma planta indicadora de Pb, Zn e Cr, mas considera ser necessário realizarem-se trabalhos complementares, em áreas contaminadas onde seja possível efectuar uma amostragem representativa, com vista a confirmar com maior fiabilidade esta conclusão. Este facto não foi possível ser confirmado neste estudo devido às baixas concentrações destes elementos nos solos.

4.6.1.5 - *Quercus robur* L. (carvalho-roble)

Espécie designada por carvalho-roble (Figura 4.25), da família da Fagaceae, outrora muito difundida no nosso país, fazendo parte da flora indígena, e que tem tido nos últimos anos um

decréscimo acentuado na sua distribuição, devido à introdução de espécies arbóreas de crescimento mais rápido.

As amostras de solo das zonas anómalas apresentaram, no geral, as maiores concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd, e Cu de entre todos os solos estudados. Esta afirmação é confirmada quando se estabelece a relação entre os teores obtidos na zona do Coval da Mó ou do Palhal com os valores obtidos na amostra de solo representativa do fundo geoquímico local (As - 331 vezes; Pb – entre 8 e 129 vezes; Cd – entre 7 e 20 vezes; Mn – entre 3 e 17 vezes; Ag – entre 10 e 13 vezes; Zn – entre 3 e 8 vezes; Cu – entre 3 e 7 vezes).



Figura 4.25

Quercus robur L. A foto foi obtida na mina do Palhal.

A comparação dos resultados da tabela 4.15 com os valores apresentados na tabela 4.20 permite constatar que o solo amostrado na área envolvente da mina do Palhal apresenta concentrações de As e Cu capazes de causarem toxicidade em plantas.

Tabela 4.20

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Quercus robur* L. (carvalho roble). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina Coval da Mó										
Folhas	6.0	50.0	0.25	5.0	1.0	4.0	66.0	2.5	0.2	15.0
Caule	15.0	37.0	0.25	1.0	1.0	7.0	35.0	2.5	0.5	7.0
Inflorescências	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solo	3882.0	514.0	2.4	100.0	11.0	29.0	532.0	35.0	1.4	82.0
Mina do Palhal										
Folhas	5.0	22.0	0.25	9.0	1.0	8.0	271.0	2.5	0.2	54.0
Caule	6.0	23.0	0.25	3.0	1.0	7.0	102.0	6.0	0.5	9.0
Inflorescências	2.5	9.0	0.25	3.0	1.0	7.0	107.0	2.5	0.4	9.0
Solo	250.0	165.0	3.3	48.0	25.0	34.0	2954.0	11255.0	4.0	205.0
Serra da Freita - Zona representativa do Fundo Biogeoquímico										
Folhas	2.5	34.0	0.25	1.0	1.0	9.0	404.0	2.5	0.2	8.0
Caule	2.5	16.0	0.25	1.0	1.0	1.0	160.0	2.5	0.2	11.0
Inflorescências	2.5	16.0	0.25	2.0	1.0	1.0	160.0	2.5	0.2	11.0
Solo	30.0	64.0	0.25	69	4.0	17.0	176.0	34.0	0.2	28.0

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

Contudo, uma análise mais detalhada permite-nos verificar que as concentrações de metais nos tecidos das diferentes componentes da espécie *Quercus robur* L. não reflectem a presença das elevadas concentrações desses mesmos metais nos solos. A excepção apenas foi verificada para o As no caule e Cu nas folhas, na área da mina do Palhal. De acordo com os resultados esta espécie é, de entre todas as espécies estudadas, a que apresentou uma menor relação planta/solo, o que sugere que esta espécie não será uma boa indicadora biogeoquímica para os elementos químicos estudados. Este comportamento é atribuído a vários factores ambientais que controlam a biodisponibilidade dos metais, entre os quais a capacidade de retenção dos mesmos pelo solo e as características fisiológicas da planta.

Tendo em atenção a globalidade dos resultados pode-se concluir que a espécie não apresenta características de boa indicadora, particularmente para o Pb, As, Mn, Cd e Zn, já que as diferentes componentes não reflectem as elevadas concentrações existentes nos solos. Contrariamente a estes resultados, o estudo conduzido por PRATAS (1996), refere que esta espécie é uma excelente bioindicadora de mineralizações de Pb e Zn. Desta forma, possivelmente outros factores ambientais poderão ter contribuído para os resultados obtidos neste estudo, tais como os processos de absorção dos metais pela planta e pelo solo, e em particular, as propriedades físico-químicas do solo.

4.6.1.6 - *Holcus lanatus* L. (erva lanar)

Esta espécie corresponde a uma planta do tipo arbustivo (Figura 4.26), erecta ou ascendente podendo atingir 1.10m de altura.



Figura 4.26

Holcus lanatus L. (erva lanar). A foto foi obtida na mina do Palhal.

Esta espécie, abundante em quase todo o País, cresce em vários tipos de solo e, embora podendo aparecer em locais secos, prefere francamente sítios frescos e húmidos. É uma espécie frequentemente de curta duração.

Tabela 4.21

Concentrações de Pb, Zn, Ag, Cr, Co, Ni, Mn, As, Cd e Cu na espécie *Holcus lanatus* L. (erva lanar). Os valores apresentados são relativos ao peso seco (teores expressos em mg kg⁻¹).

Material	Pb	Zn	Ag	Cr	Co	Ni	Mn	As	Cd	Cu
Mina Coval da Mó										
Folhas	43,0	217,0	0,25	5,0	1,0	10,0	90,0	2,5	6,9	5,0
Caule	38,0	307,0	0,25	3,0	1,0	8,0	40,0	2,5	7,4	6,0
Raiz	527,0	798,0	0,6	4,0	6,0	16,0	81,0	2,5	24,0	21,0
Solo	5388,0	2119,0	4,5	99,0	25,0	69,0	782,0	102,5	14,0	89,0
Mina do Palhal										
Folhas	18,0	73,0	0,25	9,0	1,0	1,0	196,0	35,0	0,7	5,0
Caule	2,5	29,0	0,25	3,0	1,0	5,0	254,0	20,0	0,9	2,0
Raiz	10,0	74,0	0,7	3,0	16,0	8,0	43,0	193,0	1,4	66,0
Solo	250,0	165,0	3,3	48,0	25,0	34,0	2954,0	11255,0	4,0	205,0
Background Biogeoquímico										
Folhas	2,5	120	0,25	2,0	1,0	1,0	77,0	2,5	0,2	9,0
Caule	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Raiz	2,6	154	0,25	7,0	1,0	4,0	52,0	5,0	0,2	10,0
Solo	43,0	104	0,25	13,0	6,0	5,0	96,0	19,0	0,6	7,0

(-): não foi efectuada análise por não existir amostra suficiente.

A análise da tabela 4.21, permite observar que existe uma diferença entre as concentrações de Pb, Zn, Mn, As e Cd do solo e da planta representativa da zona de fundo geoquímico em relação às amostras que pertencem às áreas sob influência das antigas zonas mineiras do Coval da Mó e do Palhal. Os valores registados nos solos, nomeadamente para Pb, Zn, e Cd são susceptíveis de causar toxicidade nas espécies vegetais (Tabela 4.15).

Denota-se que as plantas amostradas na área da mina do Coval da Mó reflectem, de forma marcada, e em todas as suas componentes, as elevadas concentrações de metais pesados dos solos, particularmente de Pb, Zn e Cd. O Pb é o elemento com maior destaque na área da mina do Coval da Mó (125 vezes superior ao valor de fundo), seguido do Zn (concentração 20 vezes superior ao valor de fundo geoquímico). No caso da área envolvente da mina do Palhal, destaca-se o As por apresentar concentrações extremamente elevadas (592 vezes), seguida do Mn (30 vezes) e do Cd (6 vezes). No entanto, as plantas oriundas da área da mina do Palhal, não apresentam o mesmo comportamento relativamente ao As. No entanto, em ambos os casos, e no caso particular do Pb, esta espécie parece responder linearmente ao aumento de concentração deste elemento, designadamente no caso da raíz.

A análise dos resultados do material vegetal colhido nas áreas do Coval da Mó e do Palhal, mostra que as raízes foram as que reflectiram com maior evidência as elevadas concentrações nos solos, particularmente o Pb, Zn, Cd e As, enquanto o caule reflectiu com maior evidência somente o Mn.

Verifica-se mais uma vez neste estudo, a probabilidade dos solos da área da mina do Palhal, apresentarem uma maior capacidade de retenção dos metais, evidenciada pela disparidade das concentrações entre o solo e as estruturas das plantas, com destaque para o Mn e o As. No entanto, no caso da área da mina do Coval da Mó, os resultados evidenciam uma forte relação entre as concentrações dos elementos nas estruturas vegetais e no solo o que sugere, uma vez mais, uma maior biodisponibilidade dos metais.

Os resultados sugerem que a espécie *Holcus lanatus* L. é uma boa indicadora de mineralizações de Pb, Zn e Cd, enquanto que os resultados são menos esclarecedores relativamente ao comportamento desta espécie a teores elevados em As. O reduzido número de dados disponível sobre a espécie em artigos científicos, não possibilita, no entanto, adoptar estes resultados como conclusões definitivas, pelo que estudos mais detalhados são necessários para confirmar este comportamento.

4.6.2 - Síntese Interpretativa

- ❖ Os resultados obtidos em plantas, colhidas, nas áreas anômalas e na área representativa do fundo geoquímico, permite reconhecer, para a generalidade dos elementos investigados e para as diferentes espécies amostradas, duas populações distintas, que correspondem às espécies que se desenvolvem sobre as escombreyras (solos subjacentes) e às que crescem na área livre de contaminação. Assim, a primeira população responde de forma eficaz às elevadas concentrações que se encontram nos solos, evidenciando mecanismos de tolerância;
- ❖ As concentrações máximas (anômalas) de Pb (5388 mg kg⁻¹), Zn (2119 mg kg⁻¹) e de Cd (14 mg kg⁻¹), foram registadas na área da mina do Coval da Mó, enquanto que para a Ag (8.9 mg kg⁻¹), Cr (100 mg kg⁻¹), Co (69 mg kg⁻¹), Ni (145 mg kg⁻¹), Mn (2954 mg kg⁻¹), As (11225 mg kg⁻¹) e Cu (492 mg kg⁻¹), as máximas concentrações foram obtidas na área da mina do Palhal;
- ❖ As concentrações dos metais nos solos são elevadas e ultrapassam na maioria dos casos os níveis de toxicidade (Tabela 4.15).
- ❖ Globalmente, observa-se que cada um dos diferentes componentes do material amostrado (inflorescência, folhas, caule, raízes) apresenta uma resposta distinta consoante a origem do material (mina do Palhal e mina do Coval da Mó, Serra da Freita) e a espécie em análise;
- ❖ No geral, as raízes foram de entre as estruturas estudadas as que melhor reflectiram as anomalias existentes nos solos, já que apresentam valores mais elevados em relação as partes aéreas. No entanto, esta extrapolação deve ser assumida com cautela uma vez que este comportamento depende da espécie de planta e do tipo de metal em estudo;
- ❖ Das espécies estudadas, a espécie *Rubus ulmifolius* Schott foi a que apresentou maior tolerância ao Pb e Zn evidenciada pelas elevadas concentrações destes elementos nas suas componentes. De entre os valores destacam-se os obtidos nas raízes (2096 mg kg⁻¹ e 1293 mg kg⁻¹, respectivamente). Com concentrações inferiores, seguiram-se as espécies *Holcus lanatus* L. (Pb: 527 mg kg⁻¹ nas raízes) e a espécie *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata* (Pb: 264 mg kg⁻¹ e Zn: 835 mg kg⁻¹ – nas raízes);
- ❖ A espécie *Pinus pinaster* foi aquela que apresentou maior tolerância ao As, evidenciada pelas elevadas concentrações deste elemento nas diferentes componentes, realçando-se o

valor obtido para o caule (215 mg kg^{-1}). A espécie *Holcus lanatus* L. merece também um destaque ao apresentar um valor de 193 mg kg^{-1} nas raízes;

- ❖ A espécie que apresentou maior tolerância ao Cd (24 mg kg^{-1} obtido nas raízes) foi *Holcus lanatus* L. seguida, com concentrações mais baixas, das espécies *Rubus ulmifolius* Schott (9.7 mg kg^{-1} nas raízes) e da *Lithodora prostrata* (Loisel.) Griseb. subsp. *prostrata* (7.4 mg kg^{-1} nas raízes).
- ❖ A espécie *Quercus robur* L. foi a única em que não se verificou uma assimilação significativa pelas diferentes componentes dos elementos estudados. As concentrações dos metais encontravam-se em níveis inferiores àqueles capazes de ocasionar toxicidade (Tabela 4.11), exceção apenas para o Cu (54 mg kg^{-1} – obtidos nas folhas).
- ❖ A maioria das espécies de plantas que foram objecto de estudo tolera concentrações elevadas de metais pesados.



CAPÍTULO 5

CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

A caracterização físico-química das águas superficiais incidiu em 20 estações de amostragem previamente seleccionadas, localizadas em zonas de influência industrial, agrícola, urbana e de antigas áreas mineiras abandonadas.

A análise e interpretação dos valores dos parâmetros físico-químicos, determinados ao longo do período de amostragem, foi efectuada com base no Decreto Lei nº 236/98, de 1 de Agosto e [W₈], que estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos (Tabela II.9 e II.10 – Anexo II). Por seu lado, a União Europeia criou a Directiva Comunitária nº 91/271/CEE, de 21 de Março, que diz respeito à recolha, tratamento e descarga de águas residuais urbanas e ao tratamento e descarga de águas residuais de determinados sectores industriais.

Para efeito de classificação da qualidade da água do presente estudo foram considerados como parâmetros de referência o valor máximo recomendável (VMR) e o valor máximo admissível (VMA) para as águas destinadas ao consumo humano e para a rega, extraídos do Decreto Lei nº 236/98, assim como, as 5 diferentes classes de enquadramento da qualidade da água estabelecidas pelo INAG [W₁₅]:

- “Classe A” – meio sem poluição (águas consideradas como isentas de poluição, aptas a satisfazer potencialmente utilizações mais exigentes em termos de qualidade);
- “Classe B” – meio fracamente poluído (água com qualidade ligeiramente inferior à classe A, mas podendo também satisfazer potencialmente todas as utilizações);
- “Classe C” - muito poluído (água com qualidade aceitável, suficiente para irrigação, uso industrial, para recreio sem contacto, vida piscícola menos exigente e para consumo humano após tratamento);
- “Classe D” – meio poluído (água com qualidade medíocre, apenas potencialmente apta para irrigação, arrefecimento e navegação);
- “Classe E” – meio extremamente poluído (totalmente inadequada para a maioria dos usos e podendo constituir uma ameaça para a saúde pública e ambiental).

Os parâmetros físico-químicos analisados neste trabalho permitem avaliar o nível de trofia e de poluição orgânica, mas também a poluição inorgânica.

O nível trófico foi determinado pela análise dos nutrientes principais – NO₃⁻, NO₂⁻ e NH₄⁺.

A poluição orgânica foi avaliada embora de forma indirecta, pela oxidabilidade ao dicromato de potássio (CQO_{Cr}) e pelo oxigénio dissolvido (O.D.)

A poluição inorgânica foi avaliada pela mineralização total e pela análise das concentrações de 32 elementos químicos, com incidência particular nos elementos Pb, Zn, Cd, As e Ni.

No que diz respeito à evolução temporal verifica-se que, na área de estudo, a variação da qualidade da água é determinada pelas fontes de poluição local, e por outros factores tais como os hidrológicos (caudal afluente) e os meteorológicos (pluviosidade, a energia solar, a nebulosidade, a temperatura, entre outros).

O rio Caima é um importante recurso de água superficial na zona de estudo mas, está fortemente prejudicado pela poluição de suas águas [PEIXINHO CRISTO, 1998]. Algumas das zonas que integram este estudo apresentam um quadro de poluição histórica. Referimo-nos em particular às estações de amostragem que se localizam no rio Caima, designadamente em Castelões, Barbeito, Ribeira de Frágoas (mina do Palhal, mina do Coval da Mó) e Vale Maior (ponte antiga), assim como, no rio Mau na localidade de Silva Escura (mina do Braçal) e no rio Vouga nas proximidades da foz do rio Caima na localidade de Sernada do Vouga. As actividades antrópicas que mais contribuem para este facto são as actividades agrícolas, industriais, ocupação urbana, assim como, as antigas áreas mineiras abandonadas [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a, b, c; BORG & HEDLUND, 2001; [W₈] e [W₉]; SILVA & VALENTE, 1998; PEIXINHO DE CRISTO, 1998; SILVA 1995; ALMEIDA, 1998; CALADO, 1990]. As actividades antrópicas, bem como, a evolução natural das paisagens podem conduzir a variações significativas com o tempo na composição das águas [BOURG & LOCH, 1995].

5.1– Comportamento dos parâmetros físico-químicos nas águas superficiais

Os parâmetros físico-químicos podem fornecer indicações relativas à qualidade das águas. Por si só podem não ser suficientes para indicar a existência de contaminação, mas em conjunto com as análises biológicas das águas, podem contribuir para assinalar a presença de uma provável anomalia.

Neste trabalho foram analisados alguns parâmetros físico-químicos considerados de maior interesse para efectuar o estudo da qualidade das águas das bacias hidrográficas dos rios Caima e

Mau e troço do rio Vouga. Alguns desses parâmetros revelam poluição orgânica e outros determinam casos de poluição inorgânica.

Da análise das tabelas II.1, II.2, II.3, II.4, II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II) e comparando com os critérios de classificação da qualidade da água segundo o Decreto Lei nº 236/98 e $[W_8]$ e $[W_{15}]$ (Tabelas II.9 e II.10 – Anexo II), foi possível determinar a classe de qualidade da água de cada estação de amostragem, definindo assim, o enquadramento da sua potencialidade para usos múltiplos.

A análise dos resultados foi realizada de forma individual para cada parâmetro físico (temperatura, velocidade de corrente e condutividade eléctrica) e químico (pH, mineralização total, O_2 dissolvido, % de O_2 , CQO, Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , SO_4^{2-}) registados nas estações e para os períodos de amostragem (Verão, Outono, Inverno, Primavera).

5.1.1 - Temperatura

A temperatura pode ser considerada a característica mais importante do meio aquático. Por sua vez caracteriza grande parte dos outros parâmetros físicos da água como a viscosidade, pressão de vapor, densidade e solubilidade dos gases dissolvidos. Este parâmetro exerce importante influência nas leituras de condutividade com uma relação de proporcionalidade directa, razão pela qual a condutividade deve ser medida no campo.

Já no que diz respeito ao ponto de vista ecológico a temperatura é um dos factores que limita a existência e interdependência dos organismos nos meios aquáticos (bactérias, peixes, algas e plantas aquáticas, entre outros). O seu efeito deve ser sempre conjugado com outros factores ambientais.

A temperatura dos cursos de água varia mais do que a dos lagos, lagoas ou albufeiras, embora a sua amplitude esteja compreendida dentro de limites mais estreitos. Por outro lado, qualquer que seja o meio aquático considerado, existe um ciclo diário de temperatura e um ciclo sazonal, tendo sido este último perfeitamente verificado no presente trabalho.

As temperaturas registadas ao longo do estudo (Tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 – Anexo II) variam, de um modo geral, entre 7.9 e 24.0 °C. As temperaturas mais elevadas foram registadas no período de Verão, enquanto as mais baixas foram registadas no período de Inverno, como era de se esperar.

A estação SF1 foi a que apresentou, em relação às restantes estações, as temperaturas mais baixas ao longo do período de estudo, enquanto as estações V5, V7 e V14, apresentaram os valores mais elevados. Tal facto deve-se, em primeiro lugar, à altitude a que estas estações se encontram, associada a outros factores tais como descargas de efluentes diversos, a profundidade e velocidade de corrente dos rios, a existência de barreiras vegetais, etc. Considerando que somente um dos critérios empregues neste estudo para a classificação da qualidade da água contempla este parâmetro e não define valores limite, e considerando que os valores verificados ao longo do estudo para as 20 estações são normais, pode-se considerar que as águas em geral estão aptas para o consumo humano e rega.

5.1.2 – Velocidade de Corrente

A velocidade de corrente é um parâmetro importante no que diz respeito à oxigenação das águas, dispersão química e mecânica de elementos químicos, na colonização e fixação de organismos aquáticos.

Da análise das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8, constata-se que os valores registados, considerando-se apenas os períodos de Inverno e Primavera, variaram de 0.04m s^{-1} e 1.30m s^{-1} .

No que diz respeito à variação sazonal, verifica-se que foi na Primavera onde se registaram velocidades de corrente mais elevadas, para a maioria das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau, enquanto que para as estações localizadas no troço do rio Vouga, as velocidades mais elevadas foram registadas no Inverno.

A estação C74 foi a que apresentou, no geral, o valor mais baixo (0.04m s^{-1}) durante o período de amostragem de Primavera. Por outro lado, a estação C66 foi a que apresentou o valor mais elevado (1.30m s^{-1}), seguida das estações M66 (0.92m s^{-1}) e MP (0.91m s^{-1}).

A estação MCM apresentou uma única medição (0.09m s^{-1}) ao longo do estudo. Este facto deve-se à baixa profundidade da água que impossibilitou o uso do equipamento e consequentemente à realização de medições. Este facto foi atribuído ao baixo volume de precipitação registado no Verão, associado ao facto desta estação se localizar numa linha de água intermitente.

5.1.3 – pH

As medidas de pH são de extrema utilidade, pois fornecem inúmeras informações acerca da qualidade da água. Em geral, as águas superficiais possuem um pH que varia entre 6.6 e 7.8 [NISBET & VERNEAUX, 1970]. O pH é muito influenciado pela quantidade de matéria morta a ser decomposta, ou seja, quanto maior a quantidade de matéria orgânica disponível, menor será o valor de pH, pois para ocorrer a decomposição deste material, muitos ácidos são produzidos, como por exemplo, o ácido húmico. Por vezes, são ligeiramente alcalinas devido à presença de carbonatos e bicarbonatos. Nestes casos, o pH reflecte o tipo de solo que a água percorre. Em lagoas com grandes populações de algas, em dias de sol, o pH pode aumentar, chegando a 9.0 ou até mais. Isto acontece porque as algas, ao realizarem a fotossíntese, consomem CO₂, o qual é a principal fonte natural de acidez da água.

A toxicidade de certos compostos (como metais pesados) depende do seu grau de dissociação, que por sua vez depende do pH.

O pH também é importante para praticamente todas as áreas da engenharia sanitária. O pH pode indicar o tipo de água que exerce efeito corrosivo sobre tubagens e equipamentos de sistemas de água e esgoto, regem a forma de desenvolvimento dos processos biológicos ou químicos de estações de tratamento de esgotos e influi na coagulação química e sedimentação em estações de tratamento de água.

Este parâmetro foi determinado “*in situ*”, durante a recolha das amostras, por poder sofrer grandes variações com o tempo.

Da observação das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8, verificou-se que no geral, ao longo do período de estudo, os valores de pH variaram entre 5.7 e 7.7, conferindo às águas um carácter de ligeiramente ácido a ligeiramente alcalino.

No que diz respeito à classificação da qualidade da água para usos múltiplos, os valores de pH registados para as 20 estações, estão enquadrados entre os VMR, para águas destinadas ao consumo humano e rega, e entre as classes de qualidade de água “A” (sem poluição) a “D” (muito poluída).

De uma forma geral, os valores registados ao longo do estudo, para as 20 estações de amostragem, não permitiu estabelecer um gradiente ao longo dos rios, pois os valores sofreram apenas variações ligeiras em redor do valor 7.0.

Os valores mais elevados de pH ocorreram na estação de referência (SF1), principalmente nos períodos de Outono e Inverno, conferindo um carácter às águas levemente alcalino. Os valores de pH verificados ao longo do estudo para a SF1 encontram-se dentro do intervalo definido para VMR para águas destinadas ao consumo humano e enquadram-se na qualidade da água de classe “A” (sem poluição).

Por outro lado, a estação MCM, destacou-se por apresentar o valor mais baixo de pH (5.7), registado no Outono, conferindo às águas um carácter ligeiramente ácido.

Ao longo do estudo, os valores de pH registados para a estação MCM (5.7 no Outono e 6.1 na Primavera) fora dos limites estabelecidos para os VMR e VMA para águas destinadas ao consumo humano enquadram-se nas classes de qualidade “D” (muito poluída) e “C” (poluída), respectivamente. Entretanto, foram consideradas potencialmente aptas somente para rega. No Verão e no Inverno verificou-se um aumento ligeiro nos valores de pH, enquadrando-se estes valores na classe de qualidade “A” (sem poluição).

O baixo valor de pH (5.7) registado para a estação MCM, no Outono, poderá está associado à infiltração da água da chuva nas escombreyras da mina do Coval da Mó e posterior escorrência [BORG & HEDLUND, 2001], ou ao elevado conteúdo de matéria orgânica verificado para este período, (Tabela II.2 – Anexo I). BORG & HEDLUND (2001) verificaram, em estudos anteriores, a ocorrência de valores mais baixos de pH para as estações C79 (5.2), C85 (5.5), C93 (5.9) e MP (4.3), em relação ao presente estudo, que também estariam relacionados com a proximidade das escombreyras das antigas minas. Tal facto, revela que o ambiente próximo das antigas áreas mineiras são susceptíveis a mudanças de pH, o que sugere a possibilidade de riscos de contaminação com metais pesados da linha de água [NUNES et al., 2005; NUNES et al., 2003; BORG & HEDLUND, 2001] já que favorece a mobilização dos metais pesados nas escombreyras, e desta maneira, promove a maior mobilidade dos mesmos [JARDIM, 1983].

As estações M29, MB (Primavera) e C99 (Inverno) também apresentaram limitações para o uso da água, já que os valores de pH enquadram estas águas na classe “C” (poluída).

As águas residuais provenientes de algumas indústrias alteram significativamente o pH do meio receptor [BREMOND & VUICHARD, 1981]. Nas estações C23 (Barbeito), C39 (Ossela), C74 (Fábrica de Papel do Caima) e C99 (Vale Maior), poderia esperar-se alterações do pH, uma vez que estes locais de amostragem sofrem descargas de águas residuais urbanas e industriais, mas tal facto não se verificou neste trabalho.

5.1.4 – Condutividade

O parâmetro condutividade é proporcional à quantidade de sais dissolvidos e constitui um bom indicador do grau de mineralização de uma água [NISBET & VERNEAUX, 1970]. Regra geral, as águas poluídas apresentam valores mais elevados de condutividade do que as águas naturais na mesma linha de água podendo, estes valores, serem utilizados como indicadores de possíveis alterações da qualidade da água [BROWER et al., 1998]. Os iões são levados para a massa de água pelas chuvas, pelo despejo de esgotos ou efluentes industriais. Em águas continentais, os principais iões responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} , $\text{CO}_3^{2-}/\text{HCO}_3^{-}$, SO_4^{2-} e Cl^{-} . A condutividade não determina especificamente quais os iões que estão presentes na massa de água mas pode contribuir para o reconhecimento do lançamento de resíduos industriais, esgotos, entre outros.

Em relação à medição da condutividade, deve ter-se em consideração a influência da temperatura já que esta apresenta uma relação directamente proporcional [BROWER et al., 1998], razão pela qual deve ser medida *in situ*. Variações nos valores de condutividade poderão também ocorrer em amostras colhidas logo após um período de precipitação, variando inversamente à variável caudal. A condutividade também é uma medida indirecta da salinidade, que se reflecte na concentração osmótica, sendo uma importante propriedade física da água relacionada com o balanço de sódio e água dos organismos [BROWER et al., 1998].

Admite-se que a situação é particularmente anormal, no que diz respeito à condutividade, quando os valores registados são superiores a $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Da análise das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8, verificou-se que no geral, os valores variaram entre $19 \mu\text{S cm}^{-1}$ e $212 \mu\text{S cm}^{-1}$. Estes valores são considerados como muito baixos a baixos (Tabela II.5) existindo contudo uma pequena variação temporal, diferenciada para cada bacia hidrográfica.

A estação SF1 foi a que apresentou os valores mais baixos de condutividade ao longo do estudo. Este resultado era de esperar tendo em conta o facto de esta amostra se localizar numa zona de preservação ambiental e livre de poluição. Por outro lado, trata-se de uma zona granítica cujas águas apresentam geralmente baixos teores em sais (essencialmente cloretos, sulfatos, carbonatos, fosfatos, iodetos e silicatos), de que resultam baixas condutividades [APHA, 1975].

Para a bacia hidrográfica do rio Caima foi possível observar duas zonas distintas: (a) na parte norte da bacia, representada pelas estações SF1, C23, C39, C66, MP, em que foram registados os valores mais baixos e (b) uma zona mais a sul, representada pelas estações C68,

MCM, C79, C85, C93 e C99, em que se registaram valores mais elevados, mas que no geral correspondem a uma condutividade muito baixa. Para a maioria das estações de amostragem da bacia do rio Caima constatou-se que no Verão e no Outono ocorreram os valores mais elevados e mais baixos, respectivamente. Para a bacia do rio Mau, os valores mais elevados de condutividade foram registados no Inverno e os valores mais baixos no Verão e na Primavera.

Nas estações MCM e C79 foi onde se registaram os valores mais elevados. Este facto está associado à contaminação por metais nos sedimentos de linhas de água provenientes de descargas de águas de lixiviação do material de escombreyras [NUNES et al., 2005; NUNES et al., 2003; SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a, b, c; BORG & HEDLUND, 2001].

Considerando os valores de condutividade registados para a globalidade das estações de amostragem podemos concluir que as águas são consideradas próprias para consumo humano e para a rega, visto que os valores nunca estiveram acima do VMR e que estas se enquadram na qualidade de água da classe “A” (sem poluição).

5.1.5 – Mineralização Total

A mineralização total é outro parâmetro importante na avaliação da qualidade da água. Pelo facto deste parâmetro não estar contemplado nos critérios de classificação da qualidade da água do INAG [W₈] e do Decreto de Lei n.º 236/98, teve-se em consideração neste estudo a correlação deste parâmetro com a condutividade [RODIER, 1971]. Relativo aos valores de mineralização, no geral, verificou-se que são considerados baixos para a maioria das estações de amostragem por não ultrapassarem o valor de 200 mg l⁻¹ (Tabela 5.1), o que confere às águas a sua aptidão para o consumo humano e para a rega.

Tabela 5.1 - Correlação entre valores de condutividade a 20°C e a mineralização total.

Condutividade (µScm ⁻¹)	Mineralização (mg l ⁻¹)
condutividade < 100	muito baixa
100 ≤ condutividade < 200	baixa
200 ≤ condutividade < 333	média
333 ≤ condutividade < 666	média acentuada
666 ≤ condutividade < 1000	importante
condutividade ≥ 1000	elevada

(adaptado de RODIER, 1971. p.968)

Da análise das tabelas II.5 II.6, II.7 e II.8, pode-se concluir que, de um modo geral, os valores estimados para as 20 estações de amostragem, variaram entre 22 mg l⁻¹ e 209 mg l⁻¹, sendo considerados como muito baixos a médios da mineralização total (Tabela II.5a).

A estação SF1 foi a que apresentou ao longo do estudo as águas menos mineralizadas. Por outro lado, as estações MCM e C79 foram as que apresentaram as águas mais mineralizadas.

Os valores registados ao longo das diferentes campanhas permitem-nos constatar que ocorreu uma pequena variação sazonal deste parâmetro para cada uma das bacias hidrográficas.

Para a maioria das estações da bacia do rio Caima, verificou-se que as águas mais mineralizadas ocorreram no Verão, enquanto as menos mineralizadas foram verificadas nos períodos de Outono/Inverno. Por outro lado, para a bacia do rio Mau, verificou-se um comportamento da mineralização das águas totalmente contrário, ou seja, valores mais elevados no período de Outono/Inverno e mais baixos no período de Verão. Já para o troço do rio Vouga, verificou-se a maior e menor mineralização nas águas durante a Primavera e Inverno, respectivamente.

5.1.6 – Oxigénio Dissolvido (O.D.) e percentagem de saturação de oxigénio (% O₂)

De entre os gases dissolvidos na água o oxigénio (O₂) é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. Por sua vez, oxigénio dissolvido (O₂) e a saturação em oxigénio (% O₂) são considerados parâmetros muito importantes por apresentarem efeitos directos nos processos de oxi-redução em muitas das variáveis químicas (como por exemplo nitratos, amónia, sulfatos, ferro entre outros) sendo considerados como bons indicadores das condições naturais da água por revelarem a existência de impactos ambientais tais como eutrofização e poluição orgânica [BROWER et al., 1998]. Em condições normais, as principais fontes de oxigénio dissolvido estão directamente relacionadas com a atmosfera e com o processo de fotossíntese (flora aquática e bactérias), que por sua vez estão directamente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura. Por outro lado, o consumo pela decomposição de matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de iões metálicos, como por exemplo o ferro e o manganês contribuem para a diminuição dos teores de O₂. Desta forma, pode-se dizer que a variação diária de oxigénio está directamente associada a estas variáveis, podendo, no entanto, outros factores como os ventos e as chuvas, terem alguma importância.

A solubilidade do oxigénio dissolvido na água, como de todos os gases, depende da temperatura e da pressão. A concentração do oxigénio diminui com o aumento da temperatura. Varia de 15.62 mg l⁻¹ a uma temperatura de 0°C (para concentrações nulas de cloreto) a 6.13 mg l⁻¹

a uma temperatura de 30°C e para concentrações de cloretos da ordem de 20000 mg l⁻¹ [BENETTI & BIDONE, 2002].

Em águas superficiais em contacto com a atmosfera, a concentração de O₂ dissolvido pode chegar aos 10 mg l⁻¹, enquanto em águas subterrâneas não ultrapassa os 2 mg l⁻¹.

A saturação de oxigénio é a quantidade máxima de oxigénio que pode ser dissolvido na água a uma determinada pressão e temperatura.

Da observação das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II), no que diz respeito aos valores de O.D., verifica-se que globalmente variaram entre 4.8 mg l⁻¹ e 12.4 mg l⁻¹, o que corresponde a valores entre 50% e 110% em termos de percentagem de O₂ enquadrando-se desde a “Classe A” (não poluído) à “Classe C” (poluída), de acordo com a classificação da qualidade da água do INAG (Tabela II.10 – Anexo II).

Considerando os valores registados para ambos os parâmetros, constata-se que na maioria das estações de amostragem foi possível evidenciar uma ligeira variação sazonal.

Os valores de concentração de O₂ mais baixos (O₂ - 4,8 mg l⁻¹; %O₂ - 50%) foram registados na estação MCM durante o Verão. Este facto poderá estar relacionado em primeiro lugar, com a baixa velocidade de corrente da linha de água (escassa precipitação - Figura 2.1). De acordo com GONÇALVES (1988) quanto mais forte for a velocidade de corrente, maior é a probabilidade de difusão do oxigénio atmosférico para o corpo de água devido a um maior contacto das camadas superficiais da água com a atmosfera e os processos de fotossíntese. A presença de uma elevada concentração de precipitados de ferro na forma coloidal nas águas (Tabela II.7 – Anexo II) e nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1 – pág. 229) revela um meio com condições mais redutoras.

A maior parte das estações de amostragem apresentaram, ao longo do período de estudo valores de O.D. e % O₂ que se enquadram dentro dos limites de VMR para usos múltiplos (Decreto-lei 236/98) e com uma qualidade de água de classe “A” (não poluído) [W₁₅]. Apenas uma excepção foi verificada para a estação MCM, por registar valores mais baixos de O.D e % O₂ no Verão. Esta estação apresentou, neste período, uma qualidade de água de classe “C” (poluída) mas que no entanto, pode ser considerada apta para a rega e para consumo humano após um tratamento rigoroso.

5.1.7 – Carência Química de Oxigénio (CQO)

A Carência Química de Oxigénio (CQO) é um parâmetro importante para indicar a concentração da matéria orgânica no ambiente aquático. O seu estudo permite avaliar a qualidade do ambiente, já que a presença deste parâmetro no meio induz a transformação das condições quando em processo de decomposição pelos microrganismos.

A matéria orgânica influencia a dinâmica dos ecossistemas aquáticos de várias maneiras, sendo que as principais são: (a) constitui uma importante fonte de energia para bactéria e algas, sendo importante na cadeia alimentar; (b) actua como agente de interferência na fotossíntese dos organismos aquáticos; (c) actua como agente na precipitação de nutrientes para a produção primária e como agente complexante de metais, nomeadamente os metais pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn). Uma vez complexados os metais precipitam contaminando os sedimentos; (d) certos compostos orgânicos, principalmente aqueles excretados por determinadas algas podem, em concentrações elevadas, tornar-se tóxicos ou causar problemas de mau cheiro, além de conferir à água sabor desagradável.

Os valores de concentração da CQO (Tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 – Anexo II) registados nas 20 estações de amostragem, variaram ao longo das diferentes campanhas, entre 1.0 e 98.5mg l⁻¹. Os valores encontram-se na sua maioria no intervalo de valores estabelecidos para VMR para águas destinadas ao consumo humano e pontualmente poderão ser superiores aos VMA. Tendo em consideração os valores obtidos as águas enquadram-se entre as classes “A”(sem poluição) e “E” (extremamente poluído).

Apesar da ocorrência de baixos valores de concentrações de CQO ao longo do estudo, para a grande maioria das estações de amostragem, foi possível verificar a existência de uma pequena variação sazonal entre as bacias hidrográficas e também no troço do rio Vouga.

Para a maioria das estações da bacia do rio Caima, constatou-se que os valores de concentração mais elevados foram registados na Primavera e os valores mais baixos registados no Verão.

Para a bacia do rio Mau e troço do rio Vouga os valores mais elevados foram registados no Inverno, contrastando com os valores obtidos na Primavera que foram os valores mais baixos na maioria das estações.

As estações MCM e V5 foram as que apresentaram valores mais elevados, obtidos no Outono (98.5 mg l^{-1}) e Primavera (65.8 mg l^{-1}), respectivamente. Os elevados valores de CQO registados na estação MCM, podem estar associados principalmente à grande quantidade de resíduos orgânicos (galhos e folhas de árvores) presentes no leito do rio durante a campanha. Este material tem a sua proveniência nos terrenos florestais adjacentes às margens do rio, e que sofre arrastamento durante o período das chuvas (Figura 2.2). Este facto torna-se relevante, na medida em que esta zona não sofre pressões associadas às actividades industriais, agrícolas, aglomerados urbanos, capazes de provocar este tipo de alteração.

Por outro lado, os elevados valores verificados para a estação V5, poderão ser também resultado de alguma contribuição de resíduos orgânicos provenientes de terrenos adjacentes, mas com uma maior probabilidade de uma contribuição dos efluentes urbanos e industriais, devido à sua localização. Estas ocorrências podem ser consideradas pontuais já que, nos demais períodos de amostragem, foram registados valores com concentrações muito baixas ou mesmo abaixo do limite de detecção do método (l.d).

Nas estações C23 (Barbeito), C39 (Ossela), C74 (Fábrica de Papel do Caima) e C99 (Valemaior), poderiam esperar-se maiores variações das concentrações de CQO, uma vez que estes locais de amostragem sofrem descargas de águas residuais urbanas e industriais. Estudos conduzidos anteriormente [SILVA & VALENTE, 1988; DRARNC, 1995; ALMEIDA, 1998; [W₈] e [W₉]] reportam a ocorrência de elevados valores de CQO em algumas localidades do rio Caima (Tabela 5.2), mas tal facto não foi registado neste trabalho.

Tabela 5.2

Concentração de CQO total e solúvel no rio Caima.

Estações	Data de colheita	CQO (mg l^{-1})	
		Total	Solúvel
Carvalhal	22/04/87	110	-
	03/06/87	305	290
	29/07/87	516	473
	03/12/87	-	187
Rendo	22/04/87	88	-
	03/06/87	229	229
	22/04/87	79	-
Valemaior (C99)	03/06/87	191	191
	29/07/87	372	339
	22/04/87	101	-
Foz Caima	03/06/87	313	305
	29/07/87	412	354
	1992/1993	-	24.5
Barbeito (C23)			

Relativo à qualidade da água da área em estudo constatou-se que a maioria das estações de amostragem, para os diferentes períodos de amostragem, apresentaram valores de concentração do CQO que enquadram estas águas nas classes “B” (fracamente poluído) e “A” (sem poluição), o que as qualifica como aptas para usos múltiplos.

As estações V5 (Primavera) e MCM (Outono) são consideradas exceções já que apresentaram valores de CQO acima dos VMR estabelecidos para águas destinadas ao consumo humano sendo consideradas como águas pertencentes às classes “D” (muito poluída) e “E” (extremamente poluída), respectivamente. De acordo com a classificação da qualidade da água para estas estações, a água da estação V5 apresentou menores limitações já que pode ser considerada pelo menos, apta potencialmente para a rega, ao contrário da água da estação MCM, que foi considerada como inadequada para a maioria dos usos.

5.1.8 - Cloretos

O ião cloreto ocorre em todas as águas naturais e pode ser resultado do contacto da água com depósitos minerais e com a água do mar, a poluição por esgotos (doméstico e industrial) ou ao retorno de águas utilizadas em irrigação agrícola. A concentração deste ião depende da composição da água da chuva, do tipo de terreno, da concentração de sais na parte superficial do terreno devido à evaporação e do tipo de efluentes industriais e urbanos. Embora não sendo considerado um elemento maioritário na crosta terrestre, devido ao facto da alteração química das rochas não produzir elevadas concentrações em cloreto, pode ser importante quando em presença de evaporitos ou certos minerais associados a rochas ígneas e metamórficas. Os gases e determinados fluidos provenientes de emanações vulcânicas bem como certas contaminações urbanas, industriais e mineiras podem também ser outras fontes importantes de cloretos. O cloreto é um elemento conservativo e, portanto, um bom traçador de vários processos naturais a que a água está sujeita ao longo do ciclo hidrológico. É um elemento muito solúvel e estável enquanto dissolvido, dificilmente precipitando. Em águas doces a concentração dos cloretos varia entre 10 e 250 mg l⁻¹.

Da análise dos quadros II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II), verificou-se que, no geral, as concentrações do ião cloreto, relativas às 20 estações de estudo, variaram entre 2 mg l⁻¹ e 35 mg l⁻¹. Estes valores são considerados baixos e sem risco para a saúde pública ambiental por estarem

abaixo do VMR para águas destinadas ao consumo humano e rega, o que as qualifica como águas potencialmente aptas para usos múltiplos.

A concentração do ião cloreto apresentou, para a maioria das estações, uma pequena variação sazonal ao longo do estudo. As concentrações mais elevadas foram registadas no Verão, ocorrendo um decréscimo gradual das concentrações no Outono e Inverno, voltando a registar-se um aumento na Primavera.

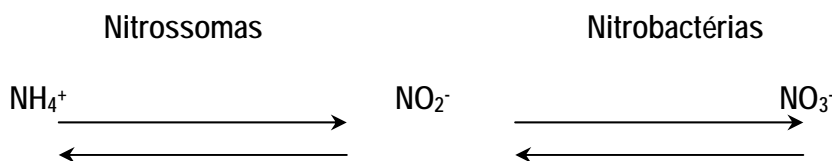
Tal facto poderá estar associado, provavelmente, a um menor caudal no período de Verão, o que acarreta um aumento das concentrações do ião cloreto. Paralelamente a influência, apesar de pequena, de efluentes provenientes das zonas urbanas, das actividades industriais extractivas, do papel e agro-alimentar poderão também ser responsáveis pelo aumento da concentração deste ião.

5.1.9 - Amónia (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) e nitratos (NO_3^-)

A amónia (NH_4^+) está presente na maioria das águas como produto da degradação biológica da matéria orgânica. Os efluentes urbanos e industriais também são importantes fontes de NH_4^+ para o ambiente aquático. Se o meio receptor for bem oxigenado a concentração de NH_4^+ mantém-se sempre em níveis bastante baixos.

Entre as principais fontes de amónia nos meios aquáticos está a mineralização da matéria orgânica nos solos, nos fertilizantes utilizados na agricultura e nas águas residuais municipais e industriais.

Os nitritos (NO_2^-) constituem um estado de oxidação intermédio do azoto entre os nitratos e a amónia. Em meios cuja concentração de oxigénio é baixa, os níveis de nitritos tornam-se importantes pois, em casos de boa oxigenação e dos sistemas aquáticos, estes são facilmente oxidados a nitratos. Não aparecem em águas naturais não poluídas, pois são rapidamente oxidados a nitratos por acção de nitrobactérias.



Os nitratos (NO_3^-) nas águas podem ter origem na dissolução das rochas ou podem resultar como produto final de oxidação bacteriana da matéria orgânica.

Actualmente, nas águas superficiais a presença de nitratos tende a aumentar como consequência da utilização crescente de fertilizantes e do aumento da população.

Os nitratos podem servir de fonte de oxigénio para microrganismos facultativos quando o teor de oxigénio dissolvido atinge valores muito baixos, evitando assim a anaerobiose.

Do ponto de vista da potabilidade os nitratos são nocivos, ou seja, águas com concentrações elevadas de nitratos não devem ser utilizadas para consumo humano, especialmente pelas crianças, uma vez que o seu meio gástrico desenvolve uma abundante flora bacteriana, capaz de reduzir os nitratos a nitritos provocando cianose.

Da análise das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II) verifica-se que, no geral, os valores registados ao longo do estudo para os três parâmetros, variaram entre 1.0 mg l^{-1} - 26.5 mg l^{-1} (NO_3^-), 0.009 mg l^{-1} - 0.180 mg l^{-1} (NO_2^-) e 0.02 mg l^{-1} - 0.24 mg l^{-1} (NH_4^+). De acordo com os valores estabelecidos pelo Decreto-lei 236/98 para águas destinadas ao consumo humano, os resultados obtidos são na maioria dos casos considerados baixos (abaixo do VMA), com excepção das amostras C74, C93 e C99 no período da Primavera. Por outro lado, tendo em consideração o segundo critério de classificação (valores estabelecidos pelo INAG), estes parâmetros foram enquadrados nas seguintes classes: NO_3^- , de “A” (sem poluição) a “C” (poluídas); NO_2^- , de “A” (sem poluição) a “D” (muito poluído); NH_4^+ , de “A” (sem poluição) a “B” (fracamente poluído).

A concentração de NO_3^- de uma forma geral, foi sempre superior à concentração de NO_2^- e de NH_4^+ , o que revela a elevada capacidade oxidativa. A presença do NO_3^- evidencia a componente antrópica associada a aglomerados urbanos e às regiões agrícolas onde são aplicadas grandes quantidades de fertilizantes.

O NO_2^- foi o parâmetro que mereceu maior atenção uma vez que ocorreu com valores, na maioria das estações de amostragem, relativamente mais elevados do que os valores de referência. As concentrações de NO_2^- exibiram uma variação sazonal (Figuras 5.1), verificando-se também um gradiente de concentrações. A maioria das estações de amostragem do rio Caima e rio Mau apresentou, no período de Verão, valores baixos ou mesmo abaixo do limite de detecção (l.d.). Da análise dos dados verificou-se que houve um aumento gradual no Outono e Inverno, até se alcançarem valores máximos na Primavera. O troço do rio Vouga foi excepção a esta tendência já que os valores mais elevados em nitritos ocorreram no Inverno e os mais baixos no Outono.

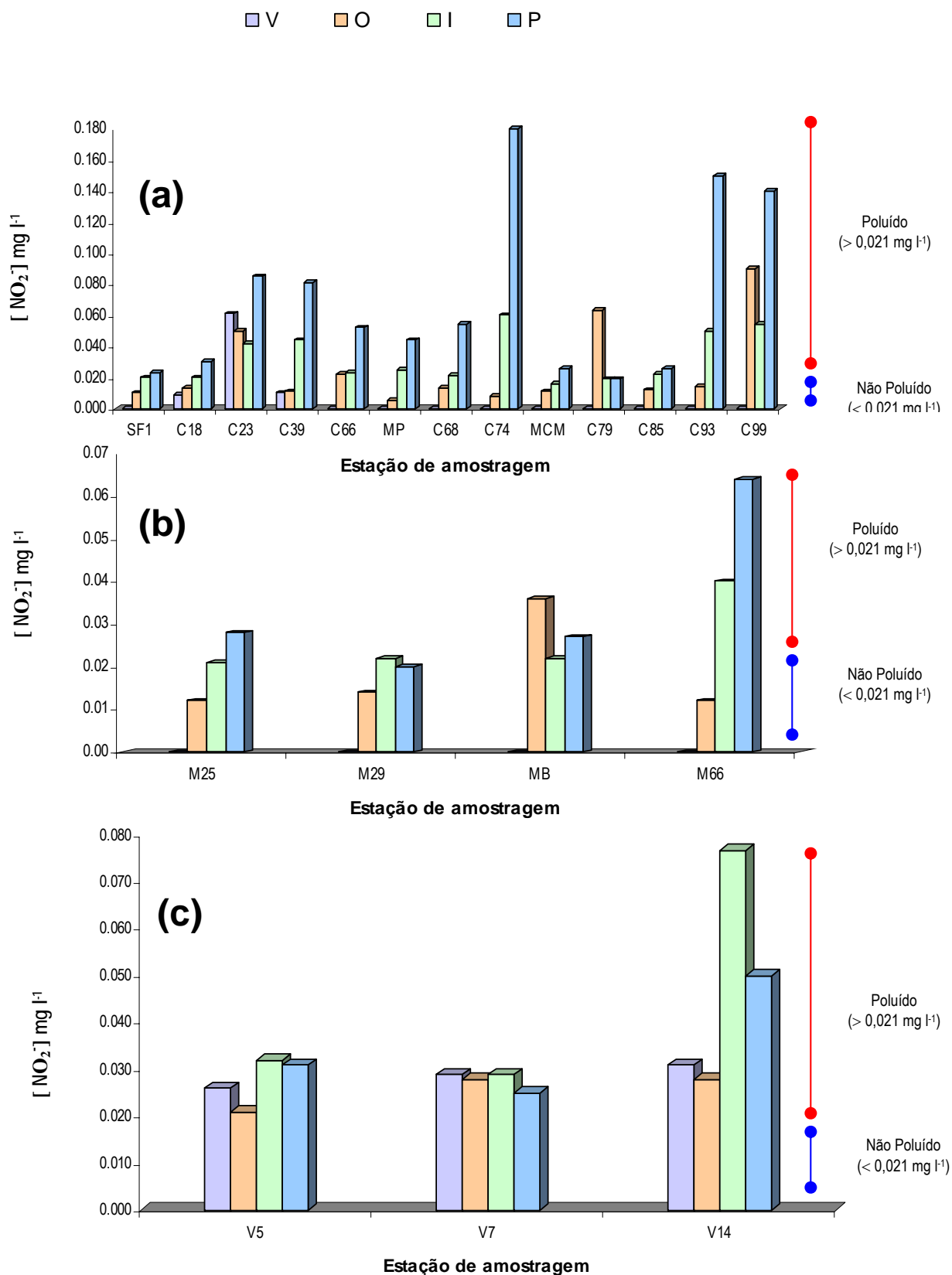


Figura 5.1

Variação sazonal das concentrações de NO_2^- (mg l^{-1}), ao longo: (a) do rio Caima e rio Fílvida (afluente do rio Caima); (b) do rio Mau e (c) do rio Vouga. (V – Verão; O – Outono; I – Inverno; P – Primavera).

No Verão a maioria das estações de amostragem apresenta concentrações de NO_2^- baixas devido provavelmente a uma melhor oxigenação do ambiente beneficiando os processos de oxidação completa do NH_4^+ para NO_3^- . Este facto coincide com a ocorrência de um pequeno aumento da concentração do NO_3^- durante este período de amostragem.

A variação sazonal da contaminação de NO_2^- , com ênfase nos período de Primavera e Inverno, deve-se provavelmente à ocorrência de uma maior descarga de efluentes de origem agrícola (fertilizantes), industrial (lacticínios), de águas residuais provenientes de estações de serviço, de origem doméstica, de origem urbana devido a roturas nos colectores municipais. Nestes períodos verificou-se um baixo volume de precipitação (Figuras 2.6 a 2.9), o que poderá ter contribuído para aumentar a concentração deste elemento na água.

Os efluentes urbanos poderão ser a principal fonte de NO_2^- na área em estudo, já que, os valores mais elevados verificados, principalmente na bacia do rio Caima, ocorrem em zona com uma menor presença de indústrias e exploração agrícola.

A bacia do rio Caima apresentou uma contaminação mais expressiva em relação à bacia do rio Mau e ao troço do rio Vouga, possivelmente, justificado pelo maior volume de caudais efluentes produzidos nessa área, e também pelo facto de determinadas zonas da bacia do rio Caima, ainda se encontrarem desprovidas de Estação de Tratamento de Águas Residuais (E.T.A.R) ou por não estarem ainda com as instalações concluídas. Refira-se, principalmente, os casos das freguesias de Valemaior e de Ribeira de Frágoas, no concelho de Albergaria-a-Velha, onde se registaram os valores mais elevados de NO_2^- (Tabela II.9 – Anexo II). Outro facto que poderá contribuir para a obtenção destes valores são as descargas indiscriminadas de resíduos de fossas urbanas (Figura 2.13).

Os altos valores de NO_2^- , registados no Verão para as estações C74 (0.180 mg l^{-1}), C93 (0.149 mg l^{-1}) e C99 (0.130 mg l^{-1}) da bacia do rio Caima, caracterizaram as águas como as de pior qualidade ao longo do estudo (classes “C” (poluída) a “D” (muito poluída). Por sua vez estas águas são potencialmente aptas para a irrigação, já que os valores estão abaixo do VMR para águas destinadas à rega.

Por outro lado, a estação C99 foi a que apresentou globalmente uma maior contaminação ao longo do estudo, já que para além de apresentar contaminação por NO_2^- ao longo do período de estudo, apresentou também concentrações de NO_3^- elevadas (Tabela II.7 – Anexo II), no Outono, classificando-a como “Poluída”. Também foi nesta estação de amostragem onde se verificaram as concentrações mais elevadas de NH_4^+ , que ocorreram no Outono e no Inverno, embora sejam

valores enquadrados na classe “Sem Poluição”. A presença destes elementos em elevadas concentrações na estação C99 pode estar associada às descargas de Águas Residuais Urbanas após tratamento na E.T.A.R de Valemaior.

A estação SF1, considerada como representativa dos valores de fundo (ponto de referência) apresentou, como seria de esperar, os valores mais baixos para os três parâmetros ao longo do estudo.

5.1.10 – Sulfatos (SO_4^{2-})

O sulfato (SO_4^{2-}) é um ião que ocorre naturalmente nas águas como resultado da dissolução do gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). É moderadamente solúvel a muito solúvel e apenas precipita se houver forte evaporação. Elevadas concentrações de sulfatos são muitas vezes associadas a condições ácidas. Em condições de anaerobiose, os sulfatos podem ser reduzidos a sulfuretos com os inconvenientes destes compostos. A sua concentração em águas doces varia de 2 e 150 mg l^{-1} . As águas residuais de indústrias têxteis e de curtumes podem conter concentrações elevadas de sulfatos. É um ião poluente frequentemente associado à drenagem ácida de minas, produtos de combustão de combustíveis fósseis e resíduos de papéis e também é produto natural do processo microbiológico do ciclo do sulfato [BROWER et. al., 1998].

Da análise das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II) verifica-se que as concentrações em sulfatos variaram entre 1.0 mg l^{-1} e 73.7 mg l^{-1} , o que pode ser considerado como valores baixos. Estes valores encontram-se abaixo do VMR para águas destinadas ao consumo humano e, consequentemente, consideradas isentas de poluição em sulfatos e aptas a satisfazer potencialmente as utilizações mais exigentes em termos de qualidade.

5.1.11 – Elementos vestigiais na componente dissolvida

Os elementos vestigiais, pela sua natureza, estão presentes no meio ambiente, geralmente em concentrações extremamente baixas. O estudo e a quantificação dos mesmos nos diferentes compartimentos ambientais é muito importante, considerando-se que estes podem causar problemas de contaminação e/ou poluição ao meio ambiente [HAMELL & HOLZWARTH, 1999].

Os elementos vestigiais presentes nas águas provêm de diversas fontes, entre elas, a

lixiviação dos solos, lixos, resíduos mineiros, descargas industriais e urbanas, precipitação entre outras fontes.

Os sedimentos de linhas de água têm um papel importante na poluição das águas em elementos vestigiais. Os sedimentos podem actuar como possíveis fontes já que os metais não estão permanente fixos nos sedimentos e podem ser libertados para a água por alterações das condições ambientais provocadas por mudanças de pH, potencial redox, ou pela presença de quelatos orgânicos (FÖRSTNER, 1979).

Uma parte significativa destes elementos pode estar associada à componente dissolvida ou a partículas coloidais. Uma outra parte pode estar adsorvida em partículas de carbonato, óxido, hidróxido ou associada a películas que envolvem a superfície das partículas de sedimentos. A maior quantidade destes elementos presente na água é adsorvida e eventualmente depositada nos sedimentos.

As concentrações em elementos vestigiais, baixas ou abaixo do limite de detecção (l.d) do método, registados para a maioria das estações de amostragem, não permitiram evidenciar claramente o comportamento destes elementos. Da análise geral das tabelas II.1, II.2, II.3 e II.4 (Anexo II), verificou-se que a maioria dos elementos vestigiais determinados ao longo do estudo, para as 20 estações de amostragem, se encontram abaixo do limite de detecção, com excepção, apenas para o Pb, Zn, Cd, As e Ni (os teores de Pb variaram entre 0.005 mg l⁻¹ e 1.734 mg l⁻¹, Zn entre 0.002 mg l⁻¹ e 1.127 mg l⁻¹, Cd entre 0.001 mg l⁻¹ e 0.01 mg l⁻¹, As entre 0.015 mg l⁻¹ e 0.051 mg l⁻¹ e Ni entre 0.002 mg l⁻¹ e 0.062 mg l⁻¹. Por outro lado, verificou-se que foi no Outono que se registaram os teores mais elevados em Cd, Ni, Pb e Zn enquanto que os teores mais elevados em As foram registados no Verão (estações C74, MCM, C85; C93, C99, M25, M29; V7) e de Cd no Inverno (estação MCM).

A estação SF1 foi considerada como um local isento de poluição por apresentar teores extremamente baixos para todos os elementos vestigiais estudados. De acordo com a legislação a estação SF1 apresentou uma água apta para o consumo humano e rega e enquadra-se na classe de qualidade “A” (sem poluição).

Por outro lado, a estação MCM, foi a que se destacou das restantes por apresentar os teores mais elevados em Pb, Cd, Ni e Zn valores estes registados no Outono e Inverno. Este facto está associado directamente com a presença das escombreyras que libertam elementos vestigiais (dispersão química) ou formas minerais (dispersão mecânica) para o ambiente aquático [NUNES, et

al., 2005; NUNES et al., 2003; SANTOS OLIVEIRA et al, 2002a, b, c; BORG & HEDLUND, 2001]. A estação C74 apresentou teores altos em As (0.051 mg l^{-1}) apenas no Verão, provavelmente devido a descargas de resíduos industriais, provenientes da fábrica de papel localizada 200m a jusante da estação de amostragem.

No que diz respeito à qualidade das águas e em relação aos elementos vestigiais, a grande maioria das estações de amostragem ao longo do estudo, apresentaram teores inferiores aos VMR e VMA para água destinada ao consumo humano. Segundo a classificação do INAG as águas enquadram-se nas classes de “A” (sem poluição).

As excepções foram verificadas nas estações MCM e C74 que apresentaram limitações no uso das águas em determinados períodos do ano. A estação MCM apresentou teores superiores ao VMA para água destinada ao consumo humano e foi enquadrada nas classes “C” (poluído) e “E” (extremamente poluída), para o Inverno e Outono, respectivamente. A estação C74 apresentou, por sua vez, duas classificações distintas da qualidade de água, devido ao facto da classificação do INAG ser mais rígida por envolver um número maior de classes de classificação em relação ao Decreto-lei 236/98. De acordo com esta classificação as águas apresentaram limitações durante o Verão, em virtude de apresentarem teores de As considerados elevados (da classe “D” - muito poluído), o que lhe confere aptidão somente para a rega. No entanto, de acordo com o Decreto-lei 236-98, foi considerada apta para consumo humano por estar enquadrada dentro do VMA para esse tipo de uso.

5.1.12 – Elementos vestigiais na componente particulada

O estudo da componente particulada, para as 20 estações de amostragem, incidiu particularmente sobre os elementos vestigiais Ni, Cu, Co, Fe, Cd, Pb e Zn.

A análise das tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 (Anexo II) permite constatar que ao longo do estudo estes elementos apresentaram concentrações extremamente pequenas, com excepção apenas para o Fe que apresentou concentrações elevadas em determinadas estações de amostragem.

As concentrações em Ni, Cu e Co estiveram na maioria das amostras abaixo do limite de detecção (l.d.) ou próximas deste.

Relativamente aos períodos estudados foi possível evidenciar a ocorrência de uma variação entre os períodos estudados assim como a existência de um gradiente ao longo do rio Fílvida

(Figura 5.2). Os elementos que merecem maior destaque são o Fe, Zn e Pb que ocorrem associados à componente particulada na maioria das estações, com uma maior evidência para o Fe por apresentar concentrações extremamente elevadas. Para este elemento o valor máximo foi registado na estação MCM (7690 mg l⁻¹) no Verão. Os valores de Pb e Zn, foram sempre extremamente baixos, atingindo os valores máximos nas estações MCM (0.51 mg l⁻¹) e C79 (0.20 mg l⁻¹) no Inverno.

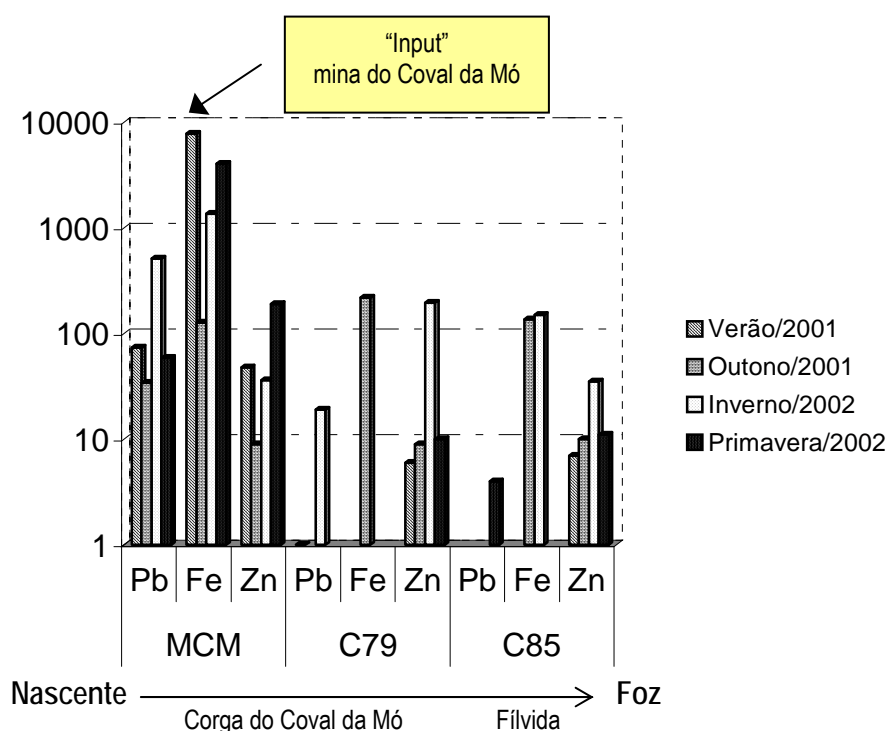


Figura 5.2

Representação gráfica da distribuição das concentrações de Pb, Fe e Zn na componente particulada, ao longo da Corga do Coval da Mó (principal afluente do rio Fívida).

A figura 5.2 evidencia claramente a existência de um gradiente de concentrações de Pb, Zn e Fe ao longo do rio Fívida (importante afluente do rio Caima). As concentrações destes metais são mais elevadas na estação MCM, por estar localizada nas proximidades da área da mina do Coval da Mó, resultante da forte contribuição do material de escombros depositado nesta área a céu aberto. A jusante desta zona, as concentrações dos metais decrescem sensivelmente, atingindo valores de concentração mais baixos na estação C85 [NUNES et al., 2002]. Conforme foi referido anteriormente, a concentração destes elementos nos sedimentos de linhas de água decresce com o

aumento da distância à fonte de poluição [BORG & HEDLUND, 2001; SANTOS OLIVEIRA et al., 2000a, b, c).

5.2 – Classificação das águas com base em diagramas hidroquímicos

A representação gráfica das análises de água facilita a sua interpretação já que é mais cómodo interpretar os resultados graficamente. Além de serem muito úteis na comparação de águas de locais distintos, tendo em vista evidenciar analogias e diferenças, permitem ainda estudar a evolução geoquímica das águas ou as suas relações com a geologia local [PATINHA, 1996].

Desta forma, os resultados dos parâmetros físico-químicos determinados ao longo do período de amostragem (Tabelas II.5, II.6, II.7 e II.8 - Anexo II) estão representados graficamente, globalmente e por bacia hidrográfica, nas figuras 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6.

Da observação das figuras, podemos constatar que os rios Caima e Mau apresentaram uma predominância de Cl/HCO_3 e Na com percentagem superior a 50%, revelando uma fácies hidroquímica caracterizada por águas do tipo cloretadas/bicarbonatadas sódicas. Entretanto, quando as águas são observadas em separado para cada estação, verifica-se um contraste marcante apenas para a estações, MCM, que representa a Mina Coval da Mó, e que apresentou uma fácies hidroquímica caracterizada por águas do tipo sulfatadas/bicarbonatadas sódicas e as estações C79 e C85, localizadas a 4 e 8km a jusante da mina Coval da Mó, respectivamente, por apresentarem águas do tipo bicarbonatadas (sulfatadas) sódicas.

Da análise das figuras, é ainda possível constatar que no Outono ocorreu ligeira alteração relativamente ao período de Verão, em que se observou uma dominância de Cl/HCO_3 e Na superior a 50% em relação aos restantes elementos, revelando uma fácies hidroquímica do tipo cloretada/bicarbonatada sódica. Quando observado em separado as águas de cada estação, destacam-se as estações C74 e MCM, por apresentarem águas sulfatadas magnesiana cálcica e a estação C99, por apresentar águas sulfatadas sódicas (Figura 5.4). Estes factos poderão estar relacionados com os prováveis efluentes industriais da fábrica de papel (estação C74), com o material proveniente das escombreyras (estação MCM) e com os efluentes industriais e urbanos (estação C99).

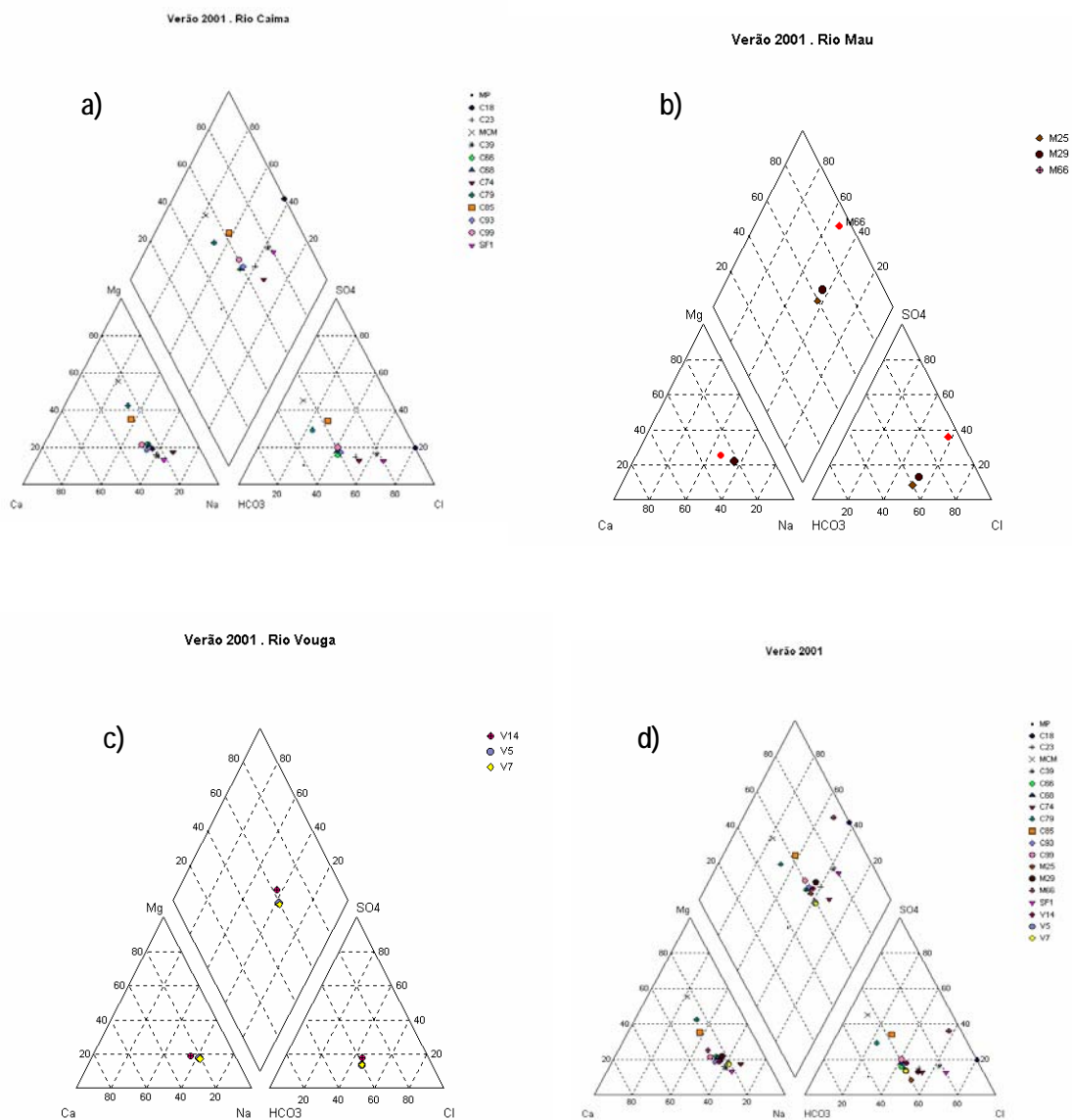


Figura 5.3

Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Verão/2001.

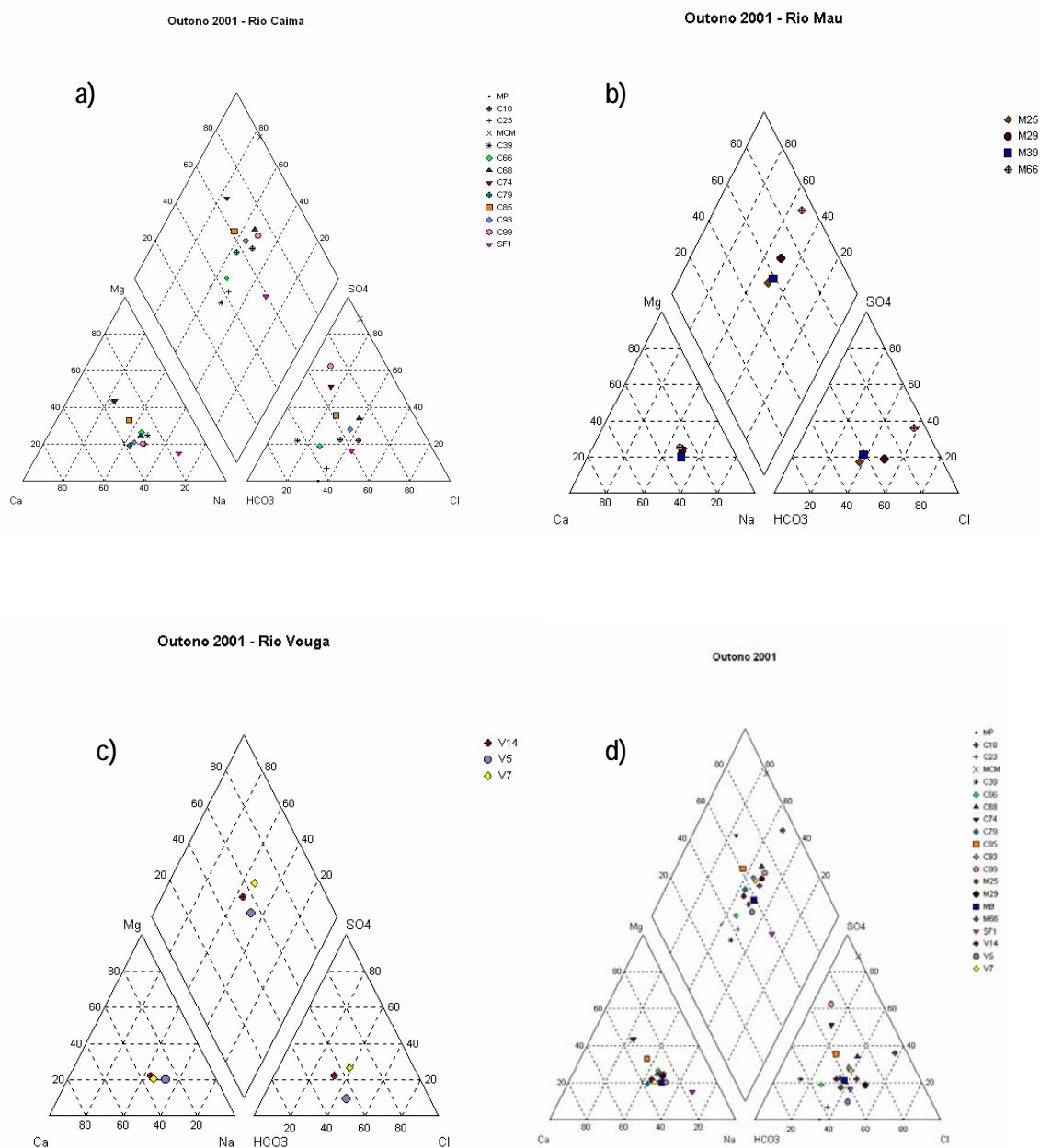


Figura 5.4

Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Outono/2001.

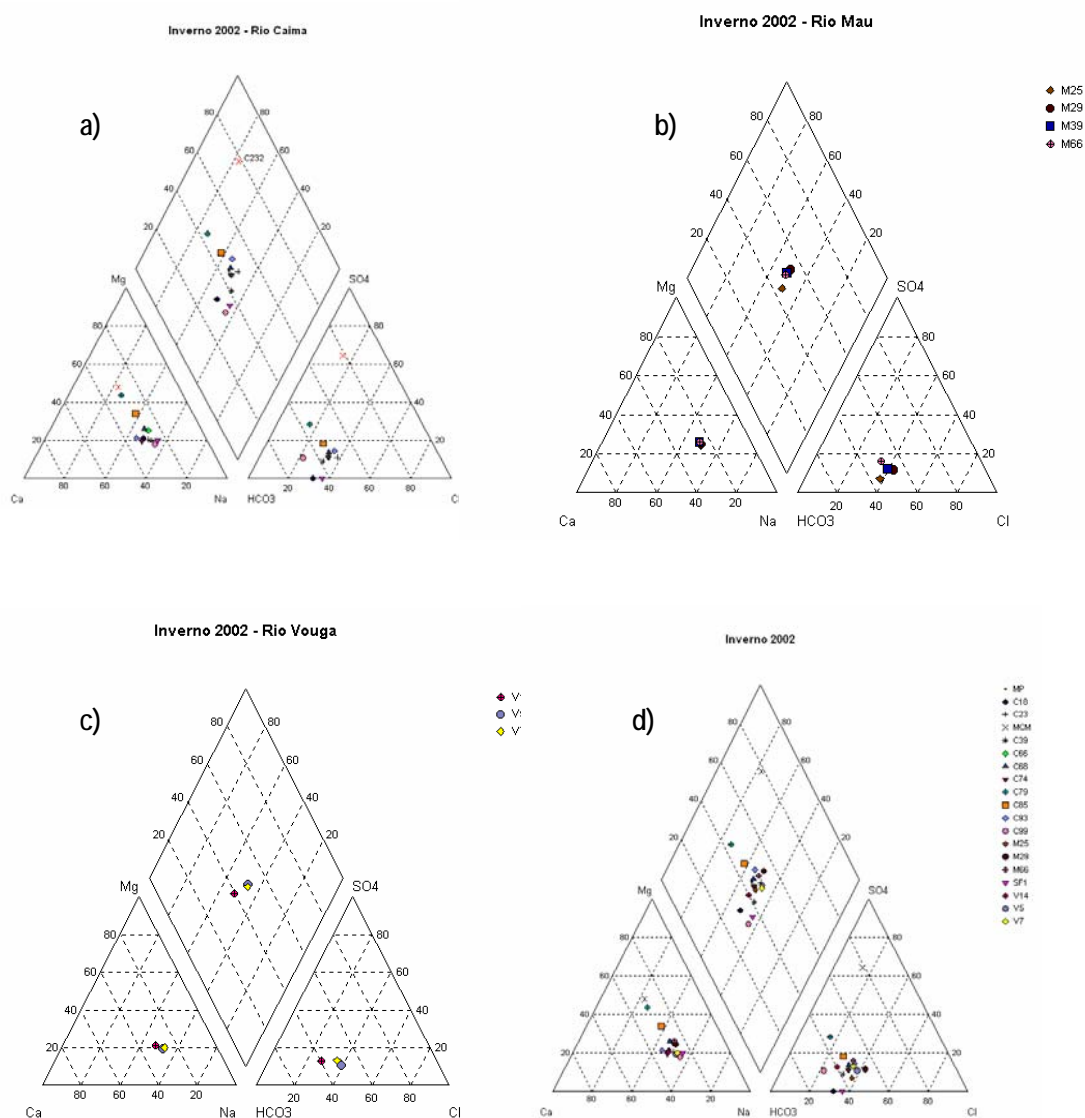


Figura 5.5

Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Inverno/2001-2002.

Para as figuras 5.5, que correspondem ao Inverno de 2002, foi verificado que no geral, as águas das estações apresentam uma percentagem de HCO₃⁻ e Na⁺ superior a 50% em relação aos restantes elementos, caracterizando assim os rios, com uma fácies hidroquímica do tipo bicarbonatada sódica. Contudo, ao observar individualmente as águas de cada estação, verifica-se que a estação MCM, apresenta uma fácies hidroquímica do tipo sulfatada magnesiana (Figura 5.5).

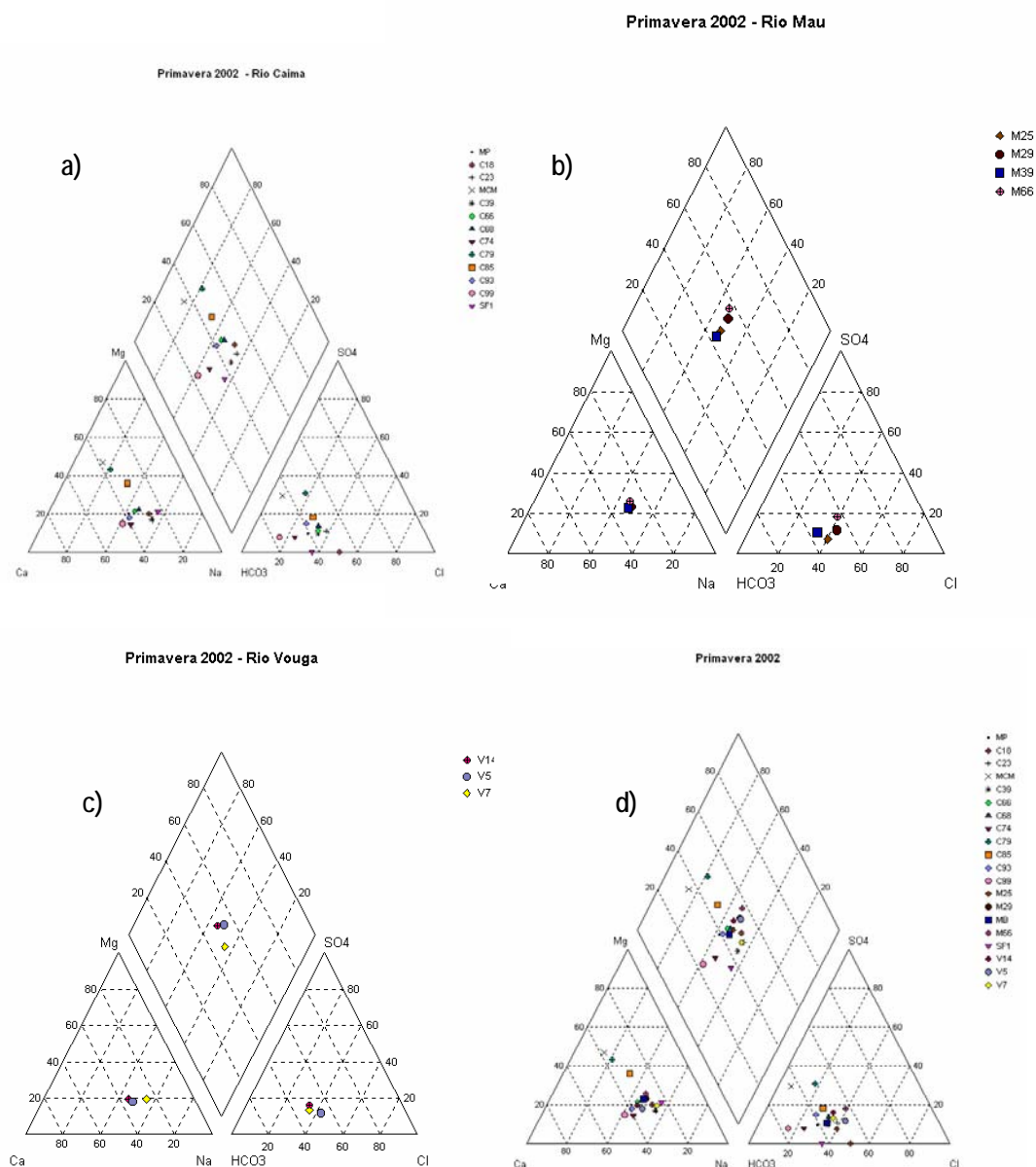


Figura 5.6

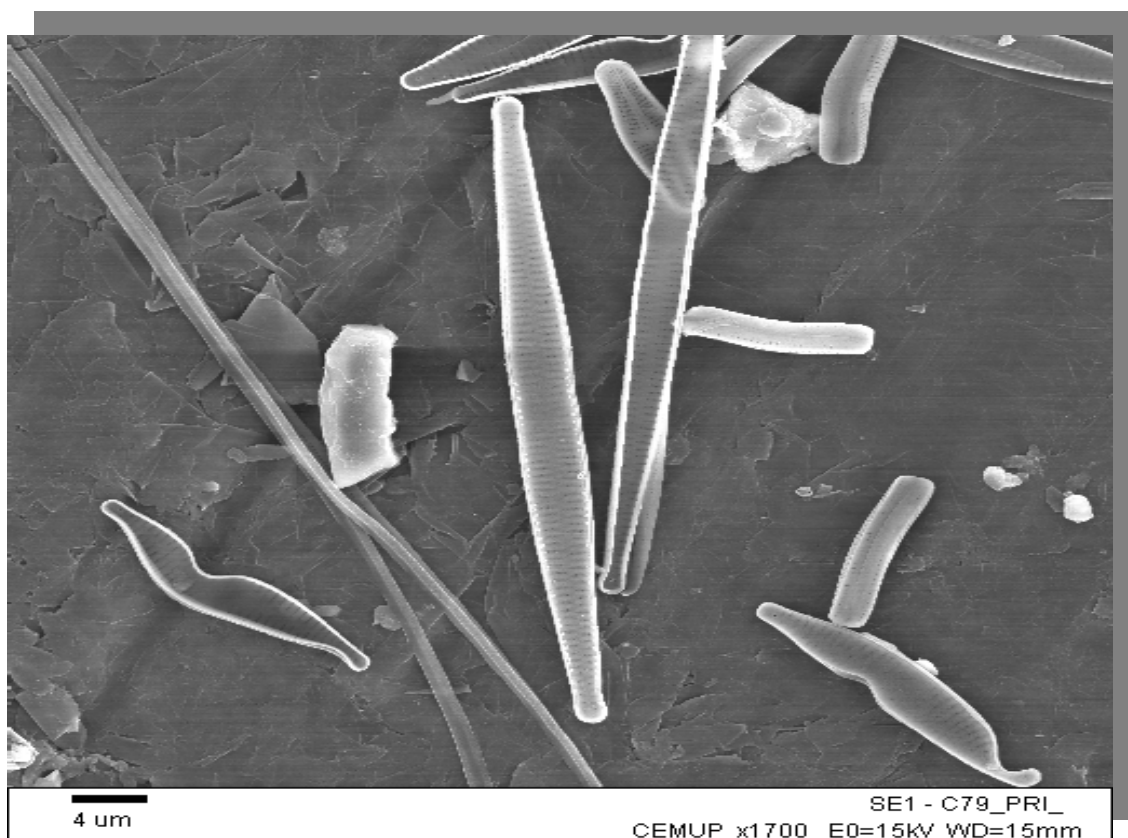
Representação gráfica das amostras de água das estações de amostragem das bacias hidrográficas do rio Caima (a) e rio Mau (b), do troço do rio Vouga (c) e da área total (d), através do Diagrama de Piper. Colheitas realizadas no período de Primavera/2002.

Para o quarto e último período de amostragem, Primavera de 2002, verificou-se através da figura 5.6, que a fácies hidroquímica das águas em estudo para as 20 estações de amostragem, no geral, se manteve idêntica à do período de Inverno de 2002. A exceção foi verificada mais uma vez para a estação MCM, que apresentou uma fácies hidroquímica do tipo bicarbonatada magnesiana.

5.3 – Síntese interpretativa

- ❖ A análise dos parâmetros físico-químicos das águas das bacias hidrográficas dos rios Caima, Mau e Vouga permitiu classificar as estações de amostragem como tendo água potencialmente apta para consumo humano e para a rega e enquadradas na Classe A (não poluída).
- ❖ Os valores mais elevados, verificados ao longo do estudo para determinados parâmetros físico-químicos, foram registados em estações de amostragem sob influência de zonas urbanas com maior densidade demográfica e zonas agrícolas (CQO, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+), assim como, em zonas industriais e antigas áreas mineiras (pH, Condutividade, SO_4^{2-} , Pb, Cd, Zn, Ni, As), o que sugere a importante influência exercida por estas actividades.
- ❖ O NO_2^- foi, ao longo do estudo, o parâmetro que se destacou como um dos principais contaminantes, em sete estações de amostragem (C23, MCM, C74, C79, C93, C99, V14) ao longo do estudo, seguido em menor destaque pelo CQO, tendo-se verificado valores com alguma expressão em apenas três estações de amostragem MCM (Outono), C99 (Inverno) e V5 (Primavera) e em num único período de estudo.
- ❖ Apesar dos sedimentos de linhas de água e os materiais de escombreyras apresentarem concentrações elevadas de elementos vestigiais as condições físico-químicas do meio não favorecem a sua mobilidade. As baixas concentrações verificadas na componente dissolvida das águas de superfície, para a maioria dos elementos vestigiais (Pb, Zn, Cd, Fe e As), resultam da presença de minerais carbonatados nos materiais das escombreyras que conferem às águas valores de pH próximos da neutralidade, reduzindo assim a mobilidade dos metais.
- ❖ Os elementos vestigiais Cd, Pb, As, Zn e Ni, foram responsáveis pela contaminação inorgânica da componente particulada devido aos elevados teores “anómalos” registados em determinados períodos de amostragem (Verão, Inverno, Outono). Esta contaminação tem origem na erosão das escombreyras e consequente transporte do material (escorrências) que liberta elementos vestigiais para o ambiente aquático.
- ❖ O período de Inverno foi aquele que registou um maior número de estações de amostragem (5) com águas contaminadas por algum dos parâmetros estudados seguindo-se de um decréscimo para 4 estações durante o Outono, 4 estações na Primavera e 2 estações no Verão.

- ❖ A bacia hidrográfica do rio Caima apresentou uma maior susceptibilidade à contaminação por metais pesados e resíduos orgânicos em relação à bacia hidrográfica do rio Mau, devido à presença de um maior número de fontes contaminantes ao longo da sua linha de água.
- ❖ A elevada concentração de óxidos e hidróxidos de Fe na linha de água do rio Fílvida, principalmente na estação MCM, poderá ser um dos factores que exerce uma forte contribuição na complexação dos metais pesados nesta zona.
- ❖ A projecção dos dados nos diagramas de Piper permitiu classificar as águas do curso superior das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau e do troço do rio Vouga como sendo do tipo cloretadas sódicas e cloretadas/bicarbonatadas sódicas (períodos de Verão e Inverno, respectivamente) e do tipo bicarbonatada/sódica para os períodos de Inverno e Primavera.
- ❖ As águas da estação MCM, em relação às restantes estações, apresentaram uma predominância de uma fácies do tipo sulfatada na maior parte do ano. Este facto confirma que as fácies hidroquímica regional, usualmente do tipo cloretada sódica ou bicarbonatada sódica, passa ao tipo sulfatada cálcica ou cálcico/magnésiana na vizinhança dos locais das explorações mineiras. [SANTOS OLIVEIRA et al., 2002a,b,c].



CAPÍTULO 6

QUALIDADE BIOLÓGICA DA ÁGUA ATRAVÉS DO ESTUDO DAS
COMUNIDADES DE DIATOMÁCEAS (*BACILLARIOPHYCEAE*)

Na União Europeia, a água encontra-se sujeita a uma pressão crescente, devido ao contínuo aumento da procura de quantidade suficiente de água de boa qualidade para diversos fins. Em 10 de Novembro de 1995, a Agência Europeia do Ambiente apresentou um relatório "Ambiente na União Europeia – 1995", que contém uma descrição actualizada sobre o estado do ambiente e confirma a necessidade de acções para proteger as águas da comunidade em termos qualitativos e quantitativos. Entre os vários parâmetros que fazem parte das normas para a monitorização dos elementos de qualidade da água, incluem-se as diatomáceas como um importante parâmetro biológico na caracterização da qualidade do ambiente aquático, e mais recentemente, através da Assembleia da República que aprovou a Lei da Água [Lei nº 58/2005. DR 249 SÉRIE I-A de 2005-12-29] transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva Nº 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho [JOCE, 2000].

O estudo das comunidades de diatomáceas perifíticas no presente trabalho, tem como principal objectivo, a sua utilização como indicadores biológicos na avaliação da qualidade das águas, devido à necessidade de cumprimento das últimas directivas europeias no que diz respeito à avaliação do estado ecológico das formações aquáticas [JOCE de 22/12/2000, DIRECTIVA 2000/60/CE]. Torna-se obrigatório o estudo de comunidades biológicas, designadamente as algas, em simultâneo com a determinação do estado químico dessas mesmas formações, entre outros aspectos. Alguns países (ex: França) já incluíram na sua legislação a aplicação do Índice Biológico Diatómico como prática corrente. Em Portugal, a legislação já contempla o estudo ecológico destes organismos como biondicadores da qualidade da água SNIRH (2000).

A análise das comunidades de diatomáceas é actualmente muito utilizada na Europa e América do Norte para avaliar os níveis de poluição orgânica e de eutrofização dos cursos de água [PRYGIEL & COSTE, 1995] e mais recentemente, foram realizados estudos na América do Sul para avaliação da poluição química proveniente da agricultura, indústria e zonas urbanas [SÍGOLO et al., 2003; SALA et al., 2002].

Em Portugal, estudos das comunidades das algas de água doce, ao nível taxonómico e ecológico, datam de longo tempo [ZIMMERMAN, 1906, 1909, 1910, 1914, 1915, 1917; CARVALHO, 1913; GUERRERO, 1949; SAMPAIO, 1950; VASCONCELOS, 1959; NAUWERCK, 1959, 1962; RINO, 1967a, 1967b e 1969; RINO & SANTOS, 1968; SANTOS, 1970; 1971, 1973a, 1973b, 1976; GIL, 1988, 1989; RINO & PEREIRA, 1988, 1990, 1991]. Nas últimas décadas tem surgido alguns estudos de monitorização e avaliação da qualidade das águas utilizando estes organismos como indicadores biológicos [RODRIGUES & MOITA, 1979; RINO & GIL, 1987; CALDAS, 1988; GIL, 1988; CALADO, 1990; FERREIRA, 1991; GIL et al., 1989-1990; CERQUEIRA DA SILVA, 1994; ALMEIDA, 1998; PEREIRA, 1999;

ALMEIDA et al., 1999; ALMEIDA & GIL, 2000; ALMEIDA & GIL, 2001; CRAVEIRO et al., 2002; NUNES et al, 2003; CASTRO, 2004; LEONOVA, 2004].

As algas são produtores primários muito importantes, pois são responsáveis pela produção de 70% do oxigénio total do planeta e são normalmente mais sensíveis a poluentes do que os animais aquáticos [STEVENSON, & BOTHWELL, 1996]. Todos juntos, os seres autotróficos representam o primeiro passo no fluxo de carbono e energia, na cadeia trófica aquática.

As algas constituem a base da cadeia alimentar e modificam a qualidade da água, por terem um papel activo na depuração da água [PATRICK, 1968].

De todas as microalgas, as diatomáceas são as mais fáceis de preservar em preparações definitivas, onde fica retida somente a sua parede siliciosa. Podemos recorrer ao seu estudo (taxonomia, contagens, aplicação de índices, etc) para se conhecer a comunidade e relacioná-la com o nível de poluição do respectivo curso de água.

Embora não seja recente o conhecimento de que as diatomáceas respondem ao nível específico e infra-específico a variações ambientais, nomeadamente no que se refere à matéria orgânica, nutrientes, pH, mineralização total, entre outros, continuam a ser publicados estudos relativos às preferências ecológicas deste organismos no sentido de ir apurando com maior rigor estas preferências. ILKA SCHÖNFELDER et al. (2002) referem que mais de 300 taxa de diatomáceas apresentaram um comportamento diferencial, relativo às concentrações óptimas e de tolerância a carbono orgânico dissolvido e fósforo total. O mesmo estudo permitiu também verificar que a variação da relação N/P e a presença de bicarbonatos, afectam a concentração final da biomassa de determinados taxa, evidenciado pela boa correlação da distribuição das diatomáceas com a composição e concentração iónica [SAROS & FRITZ, 2002]. KORHOLA et al. (1999), LELAND et al. (2001), WECKSTRÖM & KORHOLA (2001) e HUSZAR & CARACO NINA (1998) referem que o pH, temperatura, Ca, Si, salinidade (Na - Cl), conteúdo orgânico, profundidade da água, intensidade luminosa, velocidade de corrente e turbidez das águas, foram identificadas como importantes variáveis ambientais na explicação da variação e distribuição espacial das espécies de diatomáceas.

6.1 – Estudo das comunidades de diatomáceas – análise qualitativa e semi-quantitativa

Procurou-se neste capítulo efectuar uma avaliação da qualidade biológica da água, comparando os parâmetros biológicos com os parâmetros físico-químicos da água e composição química dos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1). Para a concretização deste objectivo, efectuou-se a comparação dos resultados entre as estações de amostragem (pontual), a análise da evolução temporal de uma estação de amostragem (sazonal), e a análise da evolução espacial da qualidade biológica (de montante a jusante).

Tabela 6.1

Dados de concentração total de Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Cd, S e Fe em sedimentos de linha de água, em 20 estações de amostragem na área em estudo.

Estações	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Cd	S	Fe
	mg kg ⁻¹						%	
Bacia hidrográfica do rio Caima								
SF1	5	91	0.05	0.05	0.05	0.1	0.001	1.66
C18	36	121	0.1	14	8	0.3	0.03	2.37
C23	30	88	0.2	14	3	0.01	0.02	1.34
C39	39	216	1	23	8	0.8	0.06	2.04
C66	2977	123	9.2	56	29	0.7	0.14	2.72
MP	63	83	0.3	17	10	0.1		1.75
C68	86	101	0.7	29	15	0.3	0.07	2.12
MCM	9285	935	13.6	44	15	5.2	0.47	7.15
C79	2536	932	1.8	66	39	7.9	0.57	5.79
C85	179	274	0.3	50	39	1.9	0.04	3.34
C93	238	254	0.5	37	28	1	0.05	3.29
C99	132	215	0.6	24	12	0.9	0.07	2.13
Bacia hidrográfica do rio Mau								
M25	405	122	0.3	34	32	1	0.06	4.46
M29	2995	402	0.8	45	43	2	0.07	4.67
MB	566	163	0.3	16	8	0.6	0.03	2.59
M66	1671	365	0.9	26	10	1.9	0.08	3.61
Troço do rio Vouga								
V5	40	122	0.3	14	6	0.7	0.07	1.97
V7	1870	212	0.4	19	7	1.6	0.04	2.39
V14	91	90	0.4	14	5	0.4	0.03	2.07

Ao longo do estudo foram observados mais de 49 géneros de diatomáceas (Tabela 6.2) e 230 taxa cuja distribuição está expressa nas tabelas de V.1 a V.20 (Anexo V), sendo algumas delas apenas observadas num único local de amostragem.

Tabela 6.2

Gêneros observados, número de taxa em cada gênero e percentagem (%) de ocorrência das Diatomáceas nas 20 estações de amostragem dos rios Caima, Mau e troço do rio Vouga.

Gênero	Nº de taxa	%
<i>Achnanthes</i>	17	7.4
<i>Achnantheiopsis</i>	1	0.4
<i>Achnanthidium</i>	8	3.5
<i>Actinocyclus</i>	1	0.4
<i>Aulacoseira</i>	2	0.8
<i>Amphora</i>	2	0.8
<i>Anomoeoneis</i>	3	1.3
<i>Caloneis</i>	1	0.4
<i>Cocconeis</i>	5	2.1
<i>Craticula</i>	1	0.4
<i>Cyclostephanos</i>	1	0.4
<i>Cyclotella</i>	2	0.8
<i>Cymbella</i>	8	3.5
<i>Diadismis</i>	4	1.7
<i>Diatoma</i>	1	0.4
<i>Diploneis</i>	1	0.4
<i>Eolimna</i>	2	0.8
<i>Encyonopsis</i>	2	0.8
<i>Encyonema</i>	6	2.6
<i>Eunotia</i>	11	4.8
<i>Fallacia</i>	1	0.4
<i>Fragilaria</i>	20	8.1
<i>Frustulia</i>	3	1.3
<i>Geissleria</i>	2	0.8
<i>Gomphonema</i>	12	5.2
<i>Hannaea</i>	1	0.4
<i>Hantzschia</i>	2	0.8
<i>Hippodonta</i>	1	0.4
<i>Luticola</i>	2	0.8
<i>Karayevia</i>	1	0.4
<i>Mayamaea</i>	2	0.8
<i>Melosira</i>	1	0.4
<i>Meridion</i>	2	0.8
<i>Navicula</i>	37	16.1
<i>Neidium</i>	5	2.2
<i>Nitzschia</i>	21	9.1
<i>Peronia</i>	1	0.4
<i>Pinnularia</i>	12	5.2
<i>Placoneis</i>	1	0.4
<i>Planothidium</i>	4	1.7

Tabela 6.2 (continuação)

Gêneros observados, número de taxa em cada gênero e percentagem (%) de ocorrência das Diatomáceas nas 20 estações de amostragem dos rios Caima, Mau e troço do rio Vouga.

Gênero	Nº de taxa	%
<i>Psammothidium</i>	3	1.3
<i>Reimeria</i>	2	0.8
<i>Rhoicosphenia</i>	1	0.4
<i>Stauroneis</i>	1	0.4
<i>Sellaphora</i>	2	0.8
<i>Stauroneis</i>	3	1.3
<i>Stephanodiscus</i>	1	0.4
<i>Surirella</i>	3	1.3
<i>Tabellaria</i>	1	0.4

Cada taxon está indicado com uma sigla de quatro letras (Anexo V). Os taxa que apareceram de uma forma esporádica e com um número inferior a 1% foram assinalados com um "X".

Alguns taxa interessantes do ponto de vista ecológico e outros importantes em termos de abundância e/ou frequência estão sumariados em fotografia nas Estampas de III.1 a III.7 (Anexo III).

Os gêneros com mais espécies e taxa infra-específicos foram *Navicula* e *Nitzschia* com 16.1% e 9.1% do total de taxa respectivamente.

Os gêneros *Achnanthes*, *Gomphonema* e *Pinnularia* apresentaram um total de taxa superior a 5% dos observados; os gêneros *Achnantheidium* (3.1%), *Cymbella* (3.5%) e *Neidium* (2.2%) apresentaram um número razoável de taxa, enquanto que os demais gêneros, apresentaram um número de taxa inferior a 2% do total.

Entre os gêneros considerados mais raros, destacam-se 17, nomeadamente *Actinocyclus*, *Achnantheiopsis*, *Amphora*, *Anomoeoneis*, *Caloneis*, *Craticula*, *Cyclostephanos*, *Fallacia*, *Hantzschia*, *Karayevia*, *Luticola*, *Peronia*, *Rhoicosphenia*, *Stauroneis*, *Stephanodiscus*, *Tabellaria*. Estes gêneros raros foram observados no máximo em três das estações de estudo e com uma abundância (<1%) e uma frequência extremamente pequena.

Achnantheidium minutissimum e *Eolimna minima* foram muito abundantes na grande maioria das estações de amostragem, embora não tenham ocorrido em todos os períodos de campanha. *Cocconeis placentula* ocorreu exclusivamente no rio Mau, de forma predominante e com grande abundância e frequência, na grande maioria das estações deste rio.

Achnantheidium minutissimum foi o taxon mais abundante em 9 das 20 estações de amostragem, com destaque para a estação da mina Coval da Mó - MCM, que no período de Outono registou o maior número de indivíduos (78.6%). Esta espécie é comum e abundante em estações não poluídas, sendo característica de rios com baixas concentrações de fósforo total e domina quando a turvação é baixa [ELORANTA & SOININEN, 2001]. *Achnantheidium minutissimum* é um taxon amplamente distribuído, ocorrendo frequentemente em meios oligotróficos e oligosapróbicos [LECLERCQ & MAQUET, 1987; SLADECEK, 1986; PRYGIEL & COSTE, 2000]. A bibliografia consultada é contraditória relativamente à sua resistência aos metais, já que apresenta os resultados são díspares. BESCH et al., (1972), RUSHFORTH et al. (1981), AUSTIN & DENISEGER (1985), ROCH et al. (1985) e SABATER (2000) relatam um decréscimo acentuado desta espécie em locais poluídos. Por outro lado, DENISEGER et al. (1986), GENTER et al. (1987), TAKAMURA et al. (1989), MEDLEY & CLEMENTS (1998), IVORRA et al. (1999, 2002), VERB & VIS (2000), GOLD et al. (2000), and CATTANEO et al. (2004) referem que *Achnantheidium minutissimum* desenvolve abundantes populações em locais contaminados com diferentes metais (Pb, Cd, Zn, Cu, etc). GOLD et al. (2003) põem a hipótese da resistência de *Achnantheidium minutissimum* ser devido à sua forma de adesão aos substratos mediante a produção de pequenos pedúnculos mucilaginosos. Este taxon ao ocupar uma posição abaixo de outros taxa perifíticos capazes de crescerem mais alto proporcionam protecção ao *Achnantheidium minutissimum*. Esta protecção deve-se possivelmente à produção de substâncias extracelulares poliméricas que complexam metais diminuindo a sua disponibilidade e toxicidade.

No presente estudo *Achnantheidium minutissimum* mostrou-se capaz de desenvolver populações numerosas e estáveis em determinados locais de amostragem com elevadas concentrações de metais revelando tolerância às misturas de metais detectados (Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, Ag – Tabela 6.1).

Eolimna minima foi mais abundante que os demais taxa em 8 das 20 estações, com destaque para a estação M66, onde foi registado o maior número de indivíduos (83.7%) durante o Verão. Dado que existem informações contraditórias relativamente às preferências ecológicas desta espécie, nada se pode concluir em relação à qualidade da água apenas com base neste taxon. Em PRYGIEL & COSTE (2000) *Eolimna minima* é referido como um indicador de boa qualidade de água enquanto COSTE (1986), TAKAMURA et al., (1990) e HOFFMAN (1994), o referem como tolerante à poluição orgânica e por metais. Tal como no taxon anterior, também *Eolimna minima* é ubíqua e pode, no presente trabalho, ser considerada como tolerante aos metais.

Achnanthes subhudsonis foi observado no ambiente aquático dos três rios estudados, em especial no rio Vouga. Esta espécie é caracterizada por apresentar um elevado grau de sensibilidade à poluição orgânica e uma capacidade média como indicadora de ambientes poluídos [COSTE, 1992]. É considerada em alguns estudos como uma espécie rara e invasora [COSTE & ECTOR, 2000].

Cocconeis placentula e *Achnanthes oblongella* foram outras espécies importantes observadas na área em estudo, sobretudo na bacia do rio Mau, devido à elevada abundância e frequência com que ocorreram na maioria das estações de amostragem deste rio. Estas espécies são sensíveis a ambientes poluídos e são consideradas excelentes a boas indicadoras, respectivamente, de ambiente livre de poluição [COSTE, 1992; PRYGIEL & COSTE, 2002]. ALMEIDA & GIL (2001) referem que *Achnanthes oblongella* pertence a ambientes com baixa condutividade e águas fracamente ácidas.

Gomphonema parvulum é outra espécie considerada importante por ter sido observada com relativa abundância e frequência na grande maioria das estações de estudo. Alguns investigadores referem-na como sendo uma espécie com baixa sensibilidade à poluição e uma má indicadora de ambientes com poluição orgânica [COSTE, 1992; GERMAIN, 1981; PRYGIEL & COSTE, 2000]. Relativamente aos metais pesados, alguns estudos referem existir tolerância desta espécie a determinados metais pesados, em especial ao Zn [IVORRA et al. 2002] e uma preferência por elevadas concentrações de Al, Cd, Mn e Ba [RUSHFORTH et al. 1981]. No presente estudo, *Gomphonema parvulum* foi observado com uma expressiva abundância e frequência em algumas estações de amostragem, com características físico-químicas diferentes (com ou sem poluição orgânica ou poluição por metais), o que sugere que este taxon não é um bom indicador ambiental.

Eunotia bilunaris e *Surirella roba* foram os taxa mais abundantes numa única estação de estudo (Serra da Freita - SF1) durante todos os períodos de amostragem. Nas restantes estações de amostragem, estas espécies foram muito raras. *Peronia fibula* foi observada unicamente na estação SF1, embora com pequena abundância mas frequente (esteve em três dos quatro períodos de amostragem). Estes 3 taxa são bons indicadores de água de boa qualidade [COSTE, 1992], facto que se confirma com o presente estudo.

Fragilaria capucina var. *rumpens* e *Fragilaria crotonensis* são taxa que se destacam ao longo do estudo, exclusivamente em três estações de amostragem, onde ocorrem formas deformadas em relativa abundância e frequência. Estes taxa apresentam elevada probabilidade de

ocorrência em ambientes livres de poluição, por serem muito sensíveis a locais com contaminação, principalmente orgânica [COSTE, 1992; PRYGIEL & COSTE, 2000]. *Fragilaria crotonensis* tem preferências ecológicas por águas com baixa condutividade e águas fracamente ácidas [ALMEIDA & GIL, 2001]. No presente estudo estas taxa revelaram-se sensíveis à poluição por metais, dado que, quando surgiram nestes locais apresentaram teratologias nas valvas.

Nitzschia palea ocorreu em praticamente todas as estações de amostragem, com uma abundância relativa inferior a 10% e uma frequência expressiva ao longo do estudo. É uma espécie cosmopolita que aparece em ambientes eutróficos e em ambientes com poluição orgânica podendo também estar presente em ambientes oligotróficos, sendo por isso uma espécie bastante tolerante [BOURRELLY, 1981; COSTE, 1992]. PRYGIEL & COSTE, (2000) e GERMAIN (1981) referem ser uma espécie com uma elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos.

A presença de uma determinada espécie num local, pressupõe que este local possui um conjunto de características físicas, químicas e biológicas favoráveis ao desenvolvimento desse taxon [KOLKWITZ & MARSSON, 1908, 1909; RNDE, 2000]. Por outro lado, a determinação dos factores responsáveis pela presença de determinada espécie, num local, não é simples pelo facto do conjunto de parâmetros físico-químicos determinados na água ser incompleta e pelo facto dos diversos factores ambientais actuarem em conjunto, o que dificulta a determinação com exactidão dos que são realmente importantes no controlo da sua presença, ausência ou do seu desenvolvimento.

6.2 Avaliação pontual e temporal (sazonal) da qualidade biológica do ambiente aquático de cada estação de amostragem.

6.2.1 – Bacia hidrográfica do rio Caima

6.2.1.1 - Estação SF1 (Serra da Freita)

Esta estação está localizada a montante da Frecha da Mizarela, (Figuras 3.10 – pág 84) e é considerada neste estudo como o local de referência por ser isento de poluição, devido a não estar sujeita a pressões antropogénicas. Destacou-se por ser a única estação a registar ao longo do estudo a presença dominante e frequente de *Eunotia bilunaris* (Estampa III.1g – Anexo III) espécie

caracterizada por apresentar preferência por águas de qualidade excelente. Facto que vêm a confirmar-se pelo conjunto de parâmetros físico-químicos determinado.

Eunotia bilunaris e *Achnanthes oblongella* foram as espécies mais abundantes durante os períodos de Verão (29.2%) e Outono (51.7%), respectivamente. A espécie *Surirella roba* foi a única com maior abundância no Inverno (46.3%) e Primavera (60.3%).

Nitzschia palea (Estampa III.7c – Anexo III) foi observada e contada na estação SF1 nos períodos de Verão (9.4%) e de Outono (3.9%), assim como, *Gomphonema parvulum* (Estampa III.7a – Anexo III), presente somente no período de Verão (1.5%). Estas duas espécies consideradas típicas de ambiente aquático poluído [PRYGIEL & COSTE, 2000; GERMAIN, 1981] foram contadas, embora com baixa percentagem, nos dois períodos do ano em que esta zona se encontra mais sujeita à influência humana pelo facto de ser muito frequentada por veraneantes.

Da análise dos dados semi-quantitativos podem salientar-se as espécies de diatomáceas mais importantes, em termos de abundância e frequência, mas também as espécies mais características de cada local (Anexo III).

A qualidade da água desta estação, com base nas características ecológicas das espécies mais abundantes, é excelente ao longo do estudo. Também os parâmetros físico-químicos da água e dos sedimentos revelaram um ambiente aquático de boa qualidade verificando-se, portanto, concordância entre os parâmetros biológicos e físico-químicos.

6.2.1.2 - Estação C18 (São Pedro de Castelões)

Achnantheidium minutissimum (Estampa III.1a – Anexo III) foi o taxon mais abundante nesta estação de amostragem (Figura 3.11 – pág. 86), com presença marcante no Verão (53.9%), Outono (26.8%), Inverno (20.1%) e decrescendo sensivelmente para a Primavera (6.0%). *Gomphonema rhombicum* (Estampa III.2a,b – Anexo III) também se destacou pela abundância, principalmente na Primavera (44.1%), onde foi predominante, apresentando menor abundância no Inverno (12.6%) e no Outono (1.1%). Esta espécie apresenta como importantes características ecológicas, a elevada sensibilidade a ambientes com contaminação orgânica sendo um excelente indicador de ambientes não poluídos [COSTE, 1992].

Os taxa *Eolimna mínima* (Estampa III.1d – Anexo III) e *Navicula cryptocephala*, apesar de pouco abundantes, marcaram presença em todos os períodos de amostragem, assim como, *Psammothidium subatomoides* (Estampa III.1i,j – Anexo III) e *Surirella roba* (Estampa III.1k – Anexo

III), que foram observados em pelo menos três dos períodos estudados, indicando estes dois últimos um meio livre de poluição.

Das espécies de elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos, *Gomphonema parvulum* e *Nitzschia palea*, destacaram-se na estação C18, por estarem presentes em todos os períodos de amostragem.

A presença predominante de espécies indicadoras de ambientes livres de contaminação, na estação C18, em conjunto com as características físico-químicas da água, denota haver uma concordância revelando um local com boa a excelente qualidade da água.

6.2.1.3 - Estação C23 (Barbeito)

No que se refere à estação de Barbeito (Figura 3.12 – pág. 87), as espécies *Eolimna minima*, *Encyonema minutum* (Estampa III.4a – Anexo III) e *Nitzschia palea* destacaram-se por apresentarem uma maior abundância relativamente às restantes espécies. *Eolimna minima* predominou nos períodos de Outono (57.9%) e de Inverno (64.3%), enquanto *Encyonema minutum* foi superior no período de Primavera (37.2%) e *Nitzschia palea* no Verão (33.2%). No que diz respeito à frequência das espécies *Eolimna minima*, *Nitzschia palea* e *Gomphonema parvulum*, foram as espécies que marcaram presença em todos os períodos de amostragem, o que sugere que estas espécies encontraram condições ambientais favoráveis ao seu desenvolvimento, principalmente a *Eolimna minima*, devido a uma abundância relativa muito expressiva ao longo do estudo.

De acordo com as características ecológicas de cada espécie e abundância, nos diferentes períodos de amostragem, os resultados sugerem que a qualidade da água ao longo do estudo foi boa. A exceção foi verificada apenas para o período de Verão, devido à grande abundância de espécies com elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos, nomeadamente, *Nitzschia palea* e *Gomphonema parvulum*, o que traduz uma degradação da qualidade de água. Comparativamente às características dos parâmetros físico-químicos da água, verificou-se haver concordância com a qualidade da água indicada pelas espécies, para a maioria dos períodos estudados, exceção apenas para o Verão, onde não se constatou qualquer tipo de contaminação da água. Contudo não se pode concluir que no período de Verão não ocorreu contaminação já que os resultados disponíveis dos parâmetros físico-químicos são pontuais.

6.3.1.4 - Estação C39 (Ossela)

Nesta estação (Figura 3.13 – pág. 88) a espécie *Eolimna minima* foi a que ocorreu com maior abundância e de forma predominante ao longo do período de estudo, atingindo uma abundância relativa máxima no Outono (69.9%) e um decréscimo, no Inverno (50.9%), Verão (34.9%) e Primavera (30.2%).

Além de *Eolimna minima* as espécies com maior frequência ao longo do estudo foram *Gomphonema parvulum*, *Achnantheidium minutissimum*, *Navicula cryptocephala* e *Encyonema minutum*. Com excepção de *Gomphonema parvulum*, que apresenta uma elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos, as demais espécies são típicas de locais isentos de poluição. Relativamente às características ecológicas de *Eolimna minima* a bibliografia é contraditória.

Nitzschia clausii foi outra espécie em destaque, por ter ocorrido somente no período de Verão em quantidades expressivas (31.8%) e por ser uma espécie típica de ambientes degradados [COSTE, 1992; ALMEIDA & GIL, 2001].

Os parâmetros físico-químicos determinados não revelaram qualquer tipo de contaminação no ambiente ao longo do período de estudo, em especial no Verão, que justificasse a presença de espécies indicadoras de ambientes poluídos, como é o caso de *Nitzschia clausii*. Contudo, este facto sugere que o ambiente poderá ter sofrido perturbação química no período que antecedeu a amostragem.

6.2.1.5 - Estação C66 (a montante da mina do Palhal)

Nesta estação, localizada a poucos metros da mina (Figura 3.14 – pág. 89), predominou *Eolimna minima* ao longo do estudo, com destaque para o Verão (63.5%) onde se registou a maior abundância relativa entre todas as espécies.

Achnanthes subhudsonis (Estampa III.1c – Anexo III) e *Achnantheidium minutissimum* apresentaram também valores quantitativos superiores às demais espécies nos períodos de Outono (20.8%) e Inverno (21.6%), respectivamente, assim como, *Encyonema minutum* que foi a mais abundante no período de Primavera (16.9%).

As espécies aqui apresentadas com maior abundância ao longo do estudo são típicas de locais livres de poluição. Comparativamente às características ecológicas da maioria das espécies observadas nesta estação de amostragem e às características físico-químicas da água, determinadas ao longo do estudo, parece haver concordância em relação à boa qualidade da água.

A elevada concentração de metais pesados nos sedimentos de linhas de água nesta estação, poderá justificar a presença da *Eolimna minima*, já que, é considerada uma espécie tolerante a metais pesados [TAKAMURA et al., 1990]. Por outro lado, verifica-se não haver qualquer relação entre as concentrações dos metais e as restantes espécies observadas nesta estação.

6.2.1.6 - Estação MP (mina do Palhal)

É um local estratégico e importante por estar fortemente influenciado pelas escomboreiras da mina do Palhal (Figuras 3.15 e 3.16 – pág. 91). As espécies mais abundantes e frequentes verificadas nesta estação foram *Eolimna minima*, *Achnantheidium minutissimum*, *Achnanthes subhudsonis*, *Achnanthes oblongella* (Estampa III.1b – Anexo III) e *Cocconeis placentula*.

Eolimna minima destacou-se por ser a mais abundante ao longo do estudo, atingindo um valor máximo no Verão (38.7%) e Inverno (38.0%), com um decréscimo durante a Primavera (14.9%) e Outono (9.6%), seguida por *Achnantheidium minutissimum*, que apresentou um comportamento sazonal semelhante, embora tenha sido quantificado em menor número no Verão (29.8%), no Inverno (29.0%), na Primavera (12.5%) e no Outono (8.7%).

Cocconeis placentula foi a mais abundante no Outono (23.9%), logo seguida de *Achnanthes subhudsonis*, (20.5%). Nos outros períodos de estudo, estas espécies mantiveram-se frequentes mas em menor abundância.

Achnanthes subhudsonis é reportada noutros estudos, como sendo uma espécie invasora [COSTE & ECTOR, 2000], capaz de proliferar facilmente. No presente estudo este taxon surge, sobretudo no rio Vouga, embora não apresente abundâncias muito grandes.

As espécies aqui apresentadas com maior abundância são típicas de locais livres de poluição, excepção mais uma vez, apenas para *Eolimna minima*, por haver controvérsia quanto à sua tolerância a ambientes poluídos. É possível constatar mais uma vez a concordância entre as características físico-químicas da água, e a maioria dos taxa presentes revelando uma água isenta de poluição.

6.2.1.7 - Estação C68 (a jusante da mina do Palhal)

Nesta estação, localizada logo abaixo da antiga área de exploração da mina do Palhal (Figura 3.17 – pág. 92), observou-se que *Achnantheidium minutissimum*, *Eolimna minima*,

Achnanthes subhudsonis, *Achnanthes oblongella* e *Nitzschia palea* foram as espécies mais abundantes ao longo do estudo.

Achnanthidium minutissimum foi a mais abundante, praticamente em quase todo o período de estudo, revelando o valor mais elevado no Inverno (67.6%), seguido da Primavera (43.7%), Outono (33.9%) e um sensível decréscimo no Verão (15.0%).

Eolimna minima, também se destaca por ser a espécie mais abundante no Verão (58.7%) e com presença em todos os períodos de amostragem.

Foi constatado que ocorreu uma mudança acentuada da estrutura da comunidade, relativo à estação anterior, evidenciada pela predominância de *Achnanthidium minutissimum*, sobre todas as restantes espécies nomeadamente sobre *Eolimna minima*. Tal facto, permite inferir, com base nas características ecológicas desta espécie e do conjunto das características físico-químicas da água, haver uma concordância relativa à boa qualidade observada para o ambiente aquático desta estação, apesar da elevada concentração de elementos vestigiais nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1). *Achnanthidium minutissimum* poderá ter desenvolvido capacidade de tolerância aos elementos vestigiais tal como tem sido referido noutros estudos [TAKAMURA et al., 1989].

6.2.1.8 - Estação C74 (fábrica de Papel do Caima)

Nesta estação, que está localizada a jusante da fábrica de papel (Figuras 3.18 e 3.19 – Fig. 94) *Eolimna minima* predominou no Verão (53.5%), Outono (34.0%) e Inverno (61.9%), logo seguida por *Luticola mutica* que registou a maior abundância na Primavera (23.2%). Destas, apenas a primeira foi frequente ao longo do estudo, enquanto a segunda espécie, só foi observada em dois períodos de estudo.

Nitzschia palea, apesar de menos abundante, foi frequente ao longo do ano atingindo o seu máximo no Verão (14.8%).

As espécies *Nitzschia palea* e *Luticola mutica* traduzem principalmente no Verão e Primavera, respectivamente, uma pequena degradação do ambiente, tendo em vista serem espécies de elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos [PRYGIEL & COSTE, 2000; GERMAIN, 1981]. Apesar da presença destas espécies ao longo do estudo e do historial do local evidenciar alguma degradação decorrente da proximidade da fábrica de papel, verificou-se que as condições físico-químicas do meio aquático desta estação revelaram boa qualidade.

Foi observado mais uma vez, uma mudança acentuada na estrutura das comunidades, comparando com a estação anterior (C68), evidenciado pelo aumento de *Eolimna minima* e um sensível decréscimo no número de *Achnanthydium minutissimum*.

6.2.1.9 - Estação MCM (mina do Coval da Mó)

Esta estação está localizada na Corga do Coval da Mó (afluente do rio Fílvida, que por sua vez desagua no rio Caima) nas proximidades da área da mina do Coval da Mó, aproximadamente a 100m das escombreyras (Figura 3.21 – pág. 96). Foi a única que, entre todas as estações de estudo, não registou a ocorrência de diatomáceas, excepção apenas para o período de Outono. A ausência de colonização das pedras (substrato escolhido), nesta estação de amostragem, poderá estar relacionado com as condições do ambiente aquático não favoráveis ao desenvolvimento da flora diatomológica. Foram detectados elevados teores totais de metais pesados nos sedimentos de linhas de água, referidos por NUNES et al. (2003) e BORG & HEDLUND (2001), assim como, a presença de elevadas concentrações de Cd (13.0 mg kg^{-1}), Fe (50000 mg kg^{-1}), Pb (6642 mg kg^{-1}) e Zn (2056 mg kg^{-1}) sobre a superfície das pedras presentes no leito do rio [NUNES et al., 2002].

Só foi possível observar e contar algumas espécies no Outono. *Achnanthydium minutissimum* foi a espécie mais abundante (78.6%), e com menor expressão *Gomphonema parvulum* (10.9%), *Eunotia exigua* (2.6%), *Cocconeis placentula* (1.6%) e *Eolimna minima* (1.2%). Essa abundância expressiva de taxa nesta estação durante o Outono coincidiu com a ocorrência de elevados teores de Zn (1.77 mg kg^{-1}), Pb (1.73 mg kg^{-1}) e de matéria orgânica (98.5 mg l^{-1}) na componente dissolvida. Apesar de durante o Verão, Inverno e Primavera a qualidade da água ter sido excelente (considerando os resultados da componente dissolvida), as diatomáceas não conseguiram desenvolver comunidades estáveis, tendo-se observado apenas algumas valvas de *Gomphonema parvulum* e *Achnanthydium minutissimum* em toda a área amostrada. Este facto deve-se, provavelmente, às elevadas concentrações de metais acumulados nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1). No Outono, como já foi referido, as diatomáceas desenvolveram-se apesar das elevadas concentrações de metais nos sedimentos de linhas de água bem como das elevadas concentrações de Pb, Zn e CQO registadas na água, provavelmente devido à diminuição da toxicidade dos metais pela presença da matéria orgânica. A disponibilidade dos metais em determinado meio aquático apresenta muitas condicionantes, tais como a complexação (aprisionamento) destes nos sedimentos de linhas de água pela matéria orgânica e/ ou os óxidos e

hidróxidos de ferro, já que são considerados importantes controladores da fixação de elementos vestigiais, conjuntamente com os minerais de argila e outros quelantes naturais que tornam menos tóxicos os metais presentes, uma vez que as formas complexas não são em geral incorporadas [FISHER & FROOD, 1980; EICHENBERGER, 1986; BOURG & LOCH, 1995]. GENSEMER et al. (1993), TUBBING et al. (1994), ABREU et al. (2002), PATINHA (2002) e MORENO (2000) verificaram uma predominância dos óxidos e hidróxidos de ferro, entre outras variáveis, como a principal fase suporte dos elementos vestigiais nos sedimentos de linhas de água, por conseguinte, considerados como importantes controladores da disponibilidade dos metais para o meio aquático. Resultados idênticos foram obtidos neste estudo aquando da realização dos ensaios de extracção química selectiva sequencial (Tabela 4.10, Figura 4.20) Alguns autores referem que a diversidade de diatomáceas e a riqueza em espécies decresce com o incremento da poluição por metais [SAY & WHITTON, 1980; ROCH et al. 1985; DENISEGER et al. 1986; MEDLEY & CLEMENTS, 1998; DICKMAN, 1998; SABATER, 2000]. A diversidade neste local também é baixa (Tabel V.9 – Anexo V) quando comparada com as restantes estações.

6.2.1.10 - Estação C79 (a jusante da mina Coval da Mó)

Nesta estação, que está localizada em zona urbana e a jusante (2km) da estação MCM (Figuras 3.23 – pág. 98), verificou-se que *Achnantheidium minutissimum* foi o que apresentou a maior frequência e abundância ao longo do estudo, tal como na estação anterior (MCM). Esta espécie apresentou uma pequena variação sazonal, onde foi observado um máximo para o Outono (69.0%) e um mínimo para o Inverno (54.5%) e com os períodos de Verão (68.3%) e Primavera (60.5%).

Fragilaria crotonensis foi outra espécie em destaque por ser frequente ao longo do estudo, embora menos abundante que a espécie citada anteriormente, atingindo o valor máximo no período de Verão (16.4%), e valor mínimo no Outono (4.4%).

Fragilaria capucina var. *rumpens*, foi também evidenciada tendo apresentado uma abundância relativa de 9.1% no Inverno e de 10% na Primavera.

A estação C79 destaca-se em relação às restantes estações de amostragem, por ser a única a registar a ocorrência de *Fragilaria crotonensis* e *Fragilaria capucina* var. *rumpens* com maior frequência e abundância ao longo do estudo. Outro aspecto a salientar nesta estação de amostragem é a presença em quantidade considerável dos taxa referidos anteriormente (aspecto

analisado mais detalhadamente no item 6.3 – pág. 271) o que não foi verificado nas mesmas proporções em outras estações de amostragens ao longo do estudo.

A grande maioria das espécies mais abundantes observadas nesta estação de amostragem são indicadoras de ambientes livres de poluição, o que denota uma concordância com as características físico-químicas da água, que está dentro do critério de enquadramento de águas de boa qualidade. Por outro lado, a presença destas mesmas espécies com frústulas deformadas, pode ser indicativa da ocorrência de algum contaminante neste ambiente, possivelmente relacionados com as elevadas concentrações dos metais pesados presentes nos sedimentos de linhas de água e nos sedimentos sobre as pedras.

6.2.1.11 - Estação C85 (fz do rio Fílvida)

Na estação C85, localizada na foz do rio Fílvida e a jusante (4km) da estação MCM (Figura 3.25 – pág. 100) predominou *Achnantheidium minutissimum*, com maior evidência no Outono com abundância relativa de 61.9%. Nos demais períodos de estudo verificou-se uma pequena redução na abundância desta espécie no Verão (53.1%) e uma redução mais drástica na Primavera (6.9%) e Inverno (6.1%). Esta espécie foi a de maior destaque ao longo da Corga do Coval da Mó (MCM, C79) e no troço do rio Fílvida (C85), por apresentar maior frequência e abundância com valores superiores a 50% na maioria dos períodos em estudo. Tal como referido anteriormente, *Achnantheidium minutissimum* é por muitos autores considerado sensível à poluição orgânica preferindo meios bem oxigenados. No entanto, relativamente à poluição por metais a bibliografia é bem mais contraditória já que alguns autores referem-no como tolerante a metais, enquanto outros o dão como um taxon sensível a este tipo de poluição. Pela análise dos resultados obtidos neste estudo pode concluir-se que *Achnantheidium minutissimum* mostra capacidade de adaptação a ambientes poluídos com metais.

Outras espécies que também se destacaram na estação C85 foram *Fragilaria capucina* var. *rumpens* e *Fragilaria biceps*, por apresentarem uma relativa abundância, em particular no Inverno (23.6%) e Primavera (57.2%), e *Achnanthes oblongella* por ser frequente ao longo do estudo, embora não tenha sido muito abundante. *Achnanthes oblongella* e *Fragilaria capucina* var. *rumpens* são sensíveis a ambientes contaminados, enquanto *Fragilaria biceps* apresenta uma resistência média a ambientes degradados, sendo considerada uma boa indicadora para estas condições [PRYGIEL & COSTE, 2000; COSTE, 1992].

As espécies *Encyonema minutum*, *Encyonopsis silesiacum* e *Reimeria sinuata* (Estampa III.4c – Anexo III) embora pouco abundantes, foram frequentes ao longo do estudo, com uma ausência apenas num dos períodos do ano (Tabel V.11 – Anexo V). As mesmas espécies não foram identificadas nas estações anteriores (MCM, C79), o que poderá sugerir o facto de serem muito sensíveis a ambientes com elevadas concentrações de metais em sedimentos de linhas de água.

A presença de formas deformadas de *Fragilaria capucina* var. *rumpens* também foi detectada nesta estação mas, em percentagens menores às formas não deformadas da mesma espécie (Anexo V). Tal facto poderá estar associado à redução da concentração dos metais pesados nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1) e na superfície das pedras.

Os taxa mais abundantes, observados nesta estação, apresentaram uma elevada probabilidade de presença em ambientes aquáticos isentos de poluição. Este facto sugere uma concordância com os parâmetros físico-químicos determinados na água, já que, estes se enquadram nos critérios de águas de boa qualidade. Entretanto, a presença de uma pequena abundância de taxa com suas estruturas deformadas, poderá estar relacionado com as elevadas concentrações de elementos vestigiais, presentes nos sedimentos de linhas de água [NUNES et al., 2002, 2003].

6.2.1.12 - Estação C93 (a jusante da Foz do rio Fílvida)

A estação está localizada no rio Caima, aproximadamente a 100m a jusante da foz do rio Fílvida (C85) (Figura 3.26 – pág. 101).

Eolimna minima foi a espécie mais abundante no Verão (69.1%) e no Inverno (59.2%). Associado a esta, *Nitzschia brevissima* foi a espécie mais abundante no período de Outono (21.9%), enquanto *Encyonema minutum* se destacou na Primavera (33.3%).

Navicula gracilis e *Nitzschia brevissima*, embora tenham sido pouco frequentes ao longo do estudo, destacaram-se pela sua abundância no Outono (*Navicula gracilis* – 10.0%; *Nitzschia brevissima* – 21.9%). Somente a espécie *Nitzschia brevissima* é considerada como uma boa indicadora de ambiente de qualidade média a fortemente poluída [COSTE, 1992].

As espécies *Achnantheidium minutissimum* e *Nitzschia palea*, embora pouco abundantes, foram frequentes ao longo do estudo, o que poderá sugerir pelas suas características ecológicas muito diferentes (Estampa III.1 e III.7 – Anexo III), a existência de uma possível alternância da

qualidade da água em determinados períodos de amostragem. *Nitzschia perminuta* (Estampa III.7b – Anexo III) foi outra espécie registada ao longo do estudo, com excepção apenas do período de Outono. Embora tenha ocorrido com pequena abundância, sugere a possibilidade de existir uma tendência da água encontrar-se levemente degradada em determinados períodos do ano. Segundo Prygiel & Coste (2000), é uma espécie considerada de elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos, mas não é considerada uma boa indicadora [COSTE, 1992].

Na estação C93, também foram observadas valvas deformadas de *Fragilaria capucina* var. *rumpens*, no Verão e de *Achnanthis minutissimum*, no Inverno. O primeiro taxon merece maior destaque, por apresentar um maior número de valvas deformadas do que o número de valvas não deformadas da mesma espécie. Este facto, sugere uma possível contaminação da água nos períodos que antecederam a amostragem, já que, não foi detectada qualquer tipo de anomalia nos valores dos parâmetros físico-químicos determinados para a água durante este período nem foram registados valores anómalos nas concentrações de elementos vestigiais nos sedimentos de linhas de água.

Outra explicação para o sucedido pode ser uma possível contaminação do material de colheita, já que, se observaram estas espécies deformadas nas estações a montante e as colheitas seguiram-se após estas estações. No entanto, e dada abundância de valvas deformadas nesta estação, esta hipótese não parece ser viável.

A maioria das espécies mais abundantes nesta estação, são de elevada probabilidade de ocorrência em água isenta de poluição, o que permite constatar uma concordância com a caracterização físico-química da água relativamente à qualidade das águas ao longo do estudo. Apenas se verificou uma excepção para a Primavera, em que foram registados elevadas concentrações de NO_3^- na componente dissolvida que, no entanto, não provocaram qualquer alteração na estrutura da comunidade de diatomáceas.

6.2.1.13 - Estação C99 (Valemaior)

Esta estação está localizada logo abaixo da ponte antiga de Valemaior (Figura 3.27 – pág. 102).

Eolimna minima, *Nitzschia clausii*, *Achnanthes subhudsonis*, *Nitzschia palea* e *Navicula cryptocephala* foram as mais abundantes e frequentes ao longo do período de amostragem. Destaque para *Eolimna minima* por ser a mais abundante nos períodos de Verão (34.0%), Outono

(35.7%) e Inverno (27.8%), assim como *Achnanthes subhudsonis* que predominou no período de Primavera (26.5%).

As espécies *Eolimna minima* e *Navicula cryptocephala* apresentam uma elevada probabilidade de ocorrência em águas de excelente qualidade [PRYGIEL & COSTE, 2000], enquanto *Achnanthes subhudsonis*, apresenta uma elevada sensibilidade a ambientes com poluição orgânica, embora não seja bom indicador [COSTE, 1992]. *Nitzschia clausii* e *Nitzschia palea*, bons indicadores de ambiente poluído, foram registados com maior abundância no Verão (30.9%) e no Inverno (15.5%), respectivamente.

A maioria das espécies mais abundantes observadas nesta estação de amostragem indicam ambientes livres de poluição. Os parâmetros físico-químicos da água desta estação de amostragem, revelaram também uma boa qualidade de água.

6.2.1.14 - Síntese interpretativa dos resultados da bacia hidrográfica do rio Caima

- ❖ No rio Caima os resultados evidenciaram diferenças marcantes na composição e abundância da flora diatomológica entre os locais e períodos de amostragem.
- ❖ A estação SF1, considerada como de referência, destaca-se pela presença de taxa que não ocorreram em abundância noutras estações tais como *Eunotia bilunaris*, *Surirella roba* e *Achnanthes oblongella*, e que são espécies boas indicadoras de ambiente não poluído. Este facto vem evidenciar, o que em parte já era esperado, por se tratar de uma zona de preservação, livre de contaminação/poluição. As diferenças registadas nas comunidades de diatomáceas em comparação com as outras estações de amostragem, poderão estar associadas a vários factores ambientais, mas também, ao material geológico da área, por ser uma zona predominantemente granítica, possuindo características físico-químicas bastante distintas dos xistos, que predominam na área total em estudo. Há registos que apontam a natureza do substrato geológico como determinante na composição florística, tendo-se em consideração que as espécies se podem desenvolver na superfície dos substratos e que a composição iónica deste é determinante como fonte de nutrientes, o que se reflecte na estrutura das comunidades de diatomáceas [PRYGIEL & COSTE, 2000; LELAND & PORTER, 2000]. Tal facto poderá explicar a ausência ou a presença rara de algumas espécies na estação

SF1, mas que foram comuns na maioria das estações de amostragem, nomeadamente, *Eolimna minima* e *Achnanthidium minutissimum*.

- ❖ As estações C23, C39, C74, MP e C99, apesar de fazerem parte de uma zona susceptível à poluição antrópica (industrial, agrícola, urbana, antigas minas abandonadas), apresentaram um grande número de espécies de elevada probabilidade de ocorrência em ambientes livres de poluição. Este facto denota um provável restabelecimento das condições ambientais destas estações de amostragem durante os períodos de estudo.
- ❖ As estações MCM e C79 apresentaram particularidades que as diferenciaram das restantes estações, quer pela ausência de diatomáceas quer pela abundância de diatomáceas deformadas. Estas particularidades poderão ser explicadas pelas elevadas concentrações de elementos vestigiais nas superfícies das pedras e nos sedimentos de linhas de água.
- ❖ *Achnanthes subhudsonis* ocorreu em praticamente toda a área de estudo, e foi relativamente abundante na bacia hidrográfica do rio Caima, em particular, nas estações C66, MP, C68, C74 e C99, revelando-se uma espécie bem adaptada às condições do ambiente aquático da região. Este taxon exótico é considerado invasor e com grande capacidade de provocar verdadeiras proliferações [COSTE & ECTOR, 2000].
- ❖ Espécies consideradas de elevada probabilidade de ocorrência em ambientes poluídos organicamente, nomeadamente, *Nitzschia palea* e *Gomphonema parvulum*, também foram observadas com uma relativa abundância e frequência em algumas das estações de amostragem praticamente livres de poluição o que vem confirmar o facto de serem maus indicadores.
- ❖ Existem espécies ubíquas, ou seja, que se distribuem por locais com características físico-químicas diferentes, prova disso são: *Achnanthidium minutissimum*, *Achnanthes oblongella*, *Achnanthes subhudsonis*, *Eolimna minima*, *Navicula leptostriata* e *Nitzschia palea*, cuja presença foi detectada na grande maioria das estações de amostragem, locais esses cujas características físico-químicas foram realçadas aquando da análise dos parâmetros físico-químicos e que se mostraram diferentes para os diferentes locais de amostragem.

- ❖ De um modo geral, o rio Caima, apresentou ao longo do estudo uma grande abundância e frequência relativa, de espécies típicas de ambientes livres de poluição, muito superior às espécies típicas de ambientes poluídos e que na sua maioria estão de acordo com os parâmetros físico-químicos da água.

6.2.2 – Bacia hidrográfica do rio Mau

6.2.2.1 - Estação M25 (a jusante da mina da Malhada)

Esta estação está localizada a jusante da antiga área mineira da Malhada (Figura 3.28–pág. 104).

Ao longo dos quatro períodos de amostragem verificou-se uma predominância de *Cocconeis placentula*, que alcançou um valor máximo no período de Outono (70.5%), seguido de um decréscimo nos períodos de Verão (35.3%) e de Inverno (30.8%), atingindo por fim um mínimo na Primavera (25.4%). Já a espécie *Gomphonema rhombicum* destacou-se pela maior abundância na Primavera (67.7%). Outras espécies tais como *Achnanthes subhudsonis*, *Achnanthidium minutissimum* e *Eolimna minima*, geralmente presentes na bacia do rio Caima estiveram presentes em quantidades muito modestas ao longo do estudo no rio Mau, com um valor máximo observado de *Achnanthes subhudsonis* (21.7%) e *Achnanthidium minutissimum* (17.9%), para o Inverno, e de *Eolimna minima* (14.9%) no Verão.

Os taxa mais abundantes nesta estação apresentam uma elevada probabilidade de presença em ambientes aquáticos isentos de poluição. Facto este, que sugere uma concordância com os parâmetros físico-químicos determinados na água, já que, estes se apresentaram dentro do critério de enquadramento para águas de boa qualidade.

6.2.2.2 - Estação M29 (a montante da mina do Braçal)

Esta estação está localizada a cerca de 500m a jusante da estação M25 (Figura 3.29 – pág. 104).

Cocconeis placentula foi a espécie mais abundante e frequente ao longo do estudo, e apresentou um comportamento semelhante à estação anterior. Esta espécie destaca-se no período de Verão (49.6%), por registar a maior abundância ao longo do estudo, seguido de um pequeno

decréscimo para os períodos de Outono (39.3%), Inverno (30.1%) e Primavera (31.2%). *Achnanthes oblongella* foi o taxon mais abundante no Outono (40.4%). *Achnanthidium minutissimum*, também foi destaque por ser frequente ao longo do estudo e ser abundante no Inverno (20.2%).

Nesta estação observou-se a presença de uma quantidade inferior a 1% de valvas deformadas de *Achnanthes oblongella*, *Cocconeis placentula* e *Fragilaria crotonensis*. Este facto poderá estar associado aos elevados teores de Pb nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1 – pág. 229), já que, os parâmetros físico-químicos determinados na água foram enquadrados dentro da classe de águas de boa qualidade.

A qualidade do ambiente aquático desta estação com base nas características ecológicas das espécies mais abundantes (elevada probabilidade de ocorrência em ambientes livres de poluição) e nos parâmetros físico-químicos da água, é definindo como sendo de boa qualidade. Elevadas concentrações de Pb foram verificadas nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1), no entanto, não se verificou qualquer alteração expressiva na estrutura da comunidade de diatomáceas.

6.2.2.3 - Estação MB (mina do Braçal)

Esta estação está localizada dentro da área da antiga Mina do Braçal (Figura 3.31 – pág. 106).

Achnanthes oblongella, *Achnanthidium minutissimum*, *Cocconeis placentula* e *Gomphonema parvulum* foram as espécies que registaram presença constante ao longo do estudo. A maior abundância foi registada para três espécies em períodos diferentes, nomeadamente, *Eolimna minima*, com maior abundância no período de Verão (54.9%), seguida por *Cocconeis placentula*, no período de Outono (30.8%) e de Inverno (24.8%) e *Achnanthidium minutissimum* no período de Primavera (44.3%).

A qualidade do ambiente aquático desta estação, com base na abundância e nas características ecológicas das espécies, assim como, com base no conjunto de valores dos parâmetros físico-químicos, determinados na água, e das concentrações relativamente baixas dos elementos vestigiais (Tabela 6.1 – pág. 229), sugerem um ambiente isento de poluição e uma água de boa qualidade.

6.2.2.4 - Estação M66 (foz do rio Mau)

É a quarta e última estação de estudo do rio Mau (Figura 3.32 – pág. 107), localizada na foz do rio, logo abaixo de uma passagem de nível e muito próxima de uma zona urbanizada e de áreas de cultivo de produtos hortícolas, frutíferas (videiras, citrinos) e milho.

Eolimna minima foi a espécie mais frequente e abundante ao longo do estudo. Atingiu uma percentagem máxima no período de Verão (83.7%), seguida de um decréscimo no período de Outono (28.9%) voltando a aumentar no Inverno (38.8%) e na Primavera (40.3%). Associado a esta espécie, embora em menor abundância, verificou-se a ocorrência de *Achnanthes oblongella*, *Achnantheidium minutissimum*, e *Gomphonema parvulum* por serem frequentes ao longo do estudo.

Planothidium lanceolatum apesar de ocorrer em apenas dois dos quatro períodos de amostragem, destacou-se por apresentar a maior abundância ao longo do estudo, exclusivamente nesta estação e nos períodos de Inverno (11.2%) e de Primavera (11.2%). Este taxon é um mau indicador de ambientes livres de poluição [PRYGIEL & COSTE, 2000; COSTE, 1992].

A maioria das espécies referidas neste item, em especial as mais abundantes, são indicadoras de ambientes livres de poluição, o que sugere, em conjunto com os parâmetros físico-químicos determinados para a água, a presença de um ambiente isento de contaminação/poluição e uma água de boa qualidade. Embora tenham sido registadas elevadas concentrações de Pb nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1), não se verificou qualquer alteração significativa na comunidade de diatomáceas que pudesse estar relacionada com este facto.

6.2.2.5 - Síntese interpretativa da bacia hidrográfica do rio Mau

- ❖ De um modo geral, as espécies mais abundantes e frequentes são as de elevada probabilidade de ocorrência em locais não poluídos e estão de acordo com os parâmetros físico-químicos determinados para a água, definindo deste modo, um ambiente livre de contaminação/poluição e uma água de boa qualidade.
- ❖ A poluição por elementos vestigiais não é detectada a partir do estudo das comunidades de diatomáceas com excepção de uma pequena abundância de valvas deformadas (estação M29) que poderão indicar uma possível contaminação por metais, em especial pelo Pb nos sedimentos de linhas de água.

- ❖ *Cocconeis placentula* foi a espécie que ocorreu em maior abundância e frequência ao longo do estudo em praticamente todas as estações. Esta espécie é contudo referida na bibliografia como má indicadora.
- ❖ *Gomphonema rhombicum*, também foi outra espécie em destaque, por ocorrer nas quatro estações de amostragem do rio Mau e na maioria dos períodos de amostragem. Esta espécie parece também adaptar-se bem às condições ambientais do rio Mau, já que, a sua presença foi extremamente discreta ao longo do estudo nos outros dois rios estudados (rio Caima e Vouga). Registou-se apenas uma excepção para a estação C18 do rio Caima, também no período de Primavera, que apresentou uma quantidade elevada de valvas deste taxon. *Gomphonema rhombicum* apresenta uma elevada probabilidade de ocorrência em ambientes livres de poluição.

6.2.3 – Troço do rio Vouga

No troço do rio Vouga seleccionaram-se duas localidades com influência do rio Caima e do rio Mau (a jusante da foz) e um local a montante da foz de ambos.

6.2.3.1 - Estação V5 (a montante da foz do rio Mau)

Esta estação está localizada a montante da foz dos rios Caima e Mau, na margem direita do rio Vouga.

Achnantheidium minutissimum destacou-se de forma acentuada das demais espécies, pela sua abundância e predominância ao longo do estudo. Este taxon predominou na Primavera (48.0%), ocorrendo uma pequena redução nos períodos de Verão (40.6%) e Inverno (30.0%) tendo-se registado a menor abundância no Outono (24.3%).

Outras espécies também se destacaram, em pelo menos, um dos períodos de amostragem, nomeadamente, *Navicula gregaria* (17.5% - Inverno) (Estampa III.2c – Anexo III), *Navicula leptostriata* (15.0% - Verão), *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* (14.0% - Inverno) (Estampa III.4c – Anexo III), *Encyonema silesiacum*, (12.0%) e *Psammothidium subatomoides* (14.5% - Verão).

Eolimna minima e *Nitzschia palea*, apesar de pouco abundantes, estiveram sempre presentes na grande maioria das estações de estudo.

A maioria das espécies mais abundantes nesta estação apresentam elevada probabilidade de ocorrência em água livre de poluição. Também os parâmetros físico-químicos da água indicaram boa qualidade de água. Embora se tenham constatado elevadas concentrações de CQO (matéria orgânica) na componente dissolvida durante a Primavera, não se verificou qualquer alteração na estrutura da comunidade diatomológica durante este período.

6.2.3.2 - Estação V7 –(a jusante da foz do rio Mau)

A estação está localizada a cerca de 500m a jusante da foz do rio Mau, na margem direita do rio Vouga (Figura 3.33 – pág. 109).

Achnantheidium minutissimum foi a espécie mais abundante nos períodos de Primavera (44.0%), Inverno (40.2%) e Verão (32.4%), enquanto, *Achnanthes subhudsonis* foi mais abundante do que as restantes espécies no período de Outono (35.0%). A espécie *Eolimna minima*, embora pouco frequente, foi relativamente abundante no Outono (11.9%) e Primavera (14.5%), assim como, as espécies *Eunotia bilunaris* (Estampa III.1g – Anexo III) no Verão (14.9%), *Fragilaria capucina* var. *vaucheriae* no período de Inverno (10.2%) e *Navicula leptostriata* no período de Verão (21.9%). Relativamente à estação anterior verificou-se a presença de um maior número de espécies frequentes, nomeadamente, *Achnantheidium minutissimum*, *Achnanthes subhudsonis*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia palea* e *Planothidium lanceolatum*.

Desta forma constatou-se que a água desta estação de amostragem é de boa qualidade, não só pelas diatomáceas presentes como pelas características físico-químicas da água. Pode-se concluir que o rio Mau, não está a exercer qualquer influência negativa sobre o rio Vouga, devido às semelhanças verificadas para as características dos parâmetros biológicos e físico-químicos das águas das estações V5 e V7. Já o mesmo não se pode dizer para os sedimentos de linhas de água, por revelarem elevados teores de Pb, que tem origem no material proveniente das escombreyras da mina do Braçal, verificando-se um gradiente decrescente das concentrações de Pb do rio Mau para o rio Vouga.

6.2.3.3 - Estação V14 (a jusante da foz do rio Caima)

A terceira e última estação de amostragem está localizada no rio Vouga, na sua margem direita e a jusante da foz do rio Caima (Figura 3.34 – pág. 110).

Navicula leptostriata foi o taxon mais abundante no Verão (35.6%), *Achnanthes subhudsonis* predominou no Outono (24.71%), *Navicula saprophila* registou maior abundância no período de Inverno (35.8%) e por último, *Eolimna minima* foi a mais abundante na Primavera (24.2%).

Achnanthes subhudsonis, *Achnanthidium minutissimum*, *Eolimna minima*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala* e *Nitzschia palea* foram as espécies mais frequentes ao longo do estudo.

As espécies mais abundantes e frequentes nesta estação de amostragem apresentam uma elevada probabilidade de ocorrência em ambientes aquáticos livres de poluição. Este facto associado às características físico-químicas das águas desta estação, classificam-na como isenta de poluição. Verificou-se uma excepção apenas para *Navicula saprophila* que foi abundante no Inverno e que apresenta uma elevada probabilidade de ocorrer em ambientes fortemente poluídos. É possível que possa ter havido uma identificação errada em microscópio óptico deste taxon, quer devido ao seu reduzido tamanho, quer à sua fraca silicificação podendo ter-se confundido com outros taxa. A caracterização biológica e físico-química das águas das três estações de amostragem do rio Vouga mostraram uma concordância relativamente à qualidade das águas.

6.2.3.4 - Síntese interpretativa do troço do rio Vouga

- ❖ Verificou-se uma concordância entre os parâmetros físico-químicos e os biológicos na definição da qualidade da água do rio Vouga.
- ❖ As águas do rio Caima e Mau não estão a exercer qualquer influência negativa sobre o rio Vouga. No entanto, o mesmo não se pode dizer para a condição química dos sedimentos de linhas de água, por revelar elevados teores de Pb que tem a sua origem no material de escombreyras da mina do Braçal.

6.2.4 - Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H')

O Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') envolve as espécies e as suas respectivas abundâncias. Este índice revela unicamente alterações na estrutura da comunidade que pode ou não alterar-se com a poluição [WASHINGTON, 1984].

A análise da tabela 6.3 permite efectuar algumas inferências significativas em relação à variação sazonal do número de taxa e do índice de diversidade (H'), observadas para cada estação de amostragem ao longo do estudo. Numa primeira avaliação global foi verificado que:

Tabela 6.3

Número de taxa (NT) e do Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' – bitsind⁻¹), obtido para cada estação de amostragem das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau e troço do rio Vouga, ao longo do estudo (V-Verão; O-Outono; I-Inverno; P-Primavera).

Estação	NT				H'			
	V	O	I	P	V	O	I	P
Bacia hidrográfica do rio Caima								
SF1	28	25	20	37	3.2	2.6	1.8	1.6
C18	51	38	40	36	3.1	3.9	3.6	3.4
C23	46	34	40	49	2.6	2.5	2.2	3.3
C39	53	39	44	44	2.7	1.9	2.8	2.9
C66	38	31	42	55	2.5	3.4	3.4	4.1
MP	44	31	48	52	2.8	3.4	2.8	4.1
C68	36	42	44	51	2.4	3.4	2.2	3.4
C74	21	42	45	54	2.5	3.7	2.3	3.6
MCM ¹	-	20	-	-	-	1,3	-	-
C79 ¹	29	33	33	23	1.7	2.2	2.2	1.8
C85 ²	30	47	36	20	2.7	2.3	3.7	2.1
C93	39	27	34	48	2.1	3.7	2.4	2.7
C99	25	47	33	39	2.8	3.6	3.4	3.5
Média	34	34	37	39	2.4	2.8	2.6	2.8
Média Total	36				2.7			
Bacia hidrográfica do rio Mau								
M25	34	39	37	24	3.5	2.2	3.2	1.4
M29	32	32	51	33	3.1	2.3	3.6	2.9
MB	26	47	58	36	2.3	3.6	3.7	3.1
M66	25	35	46	47	1.3	3.2	3.2	3.2
Média	29	38	48	35	2.2	2.0	2.6	2.7
Média Total	36				2.4			
Troço do rio Vouga								
V5	32	44	57	46	3.0	4.0	3.3	3.0
V7	32	42	44	43	3.3	3.4	3.2	3.0
V14	28	48	49	54	3.1	3.5	3.3	4.0
Média	31	45	50	48	3.1	3.6	3.3	3.3
Média Total	43				3.3			

1- Corga Coval da Mó (afluente do rio Filvida)

2- Rio Filvida (Afluente do rio Caima)

- ❖ No geral, detectou-se uma variação sazonal, evidenciada pela diferença marcante do número de taxa e da diversidade (H') em cada estação de amostragem;

- ❖ O período de Verão foi a estação do ano que apresentou a menor riqueza específica, devido à ocorrência de um menor número de taxa na maioria dos locais de amostragem, assim como, uma menor diversidade (H'). Foram observadas algumas exceções: (a) estação C39 (Ossela), por apresentar a maior riqueza específica (53 taxa) neste período; (b) estações C18, C23 e MP com valores superiores a 40 taxa; (c) estação M25 por apresentar o valor H' mais elevado (3.5 bitsind^{-1}) neste período; (d) estações V7 e SF1, com 3.3 bitsind^{-1} e 3.2 bitsind^{-1} , respectivamente. As estações M66 e MCM apresentaram neste período, o valor mais baixo de H' (1.3 bitsind^{-1}) e por ser a única onde não foi possível contabilizar as diatomáceas, respectivamente.
- ❖ No período de Outono, a estação V14 apresentou a maior riqueza específica (48 taxa) logo seguida pelas estações C85, C99 e MB, ambas com 47 taxa e a estação MCM, com 20 taxa, revelando uma menor riqueza específica. Relativamente ao H' , o Outono foi o período do ano em que se registou o maior número de estações (12) com valores superiores a 3.0 bitsind^{-1} . Destaque para a estação V5 que registou o valor mais elevado de H' (4.0 bitsind^{-1}), a estação C39 que apresentou o valor mais baixo (1.9 bitsind^{-1}) e a estação MCM, por ser o único período de amostragem em que foi possível fazer contagem de diatomáceas.
- ❖ No Inverno, a estação mina do Braçal - MB foi a que apresentou a maior riqueza específica (58 taxa), logo seguida pelas estações V5 e M29, com 57 e 51 taxa, respectivamente. Por outro lado, também se destacou mais uma vez a estação mina do Coval da Mó - MCM, pela ausência de taxa. O H' foi superior a 3 em 11 das 20 estações de estudo, revelando no geral uma diversidade significativa. O valor máximo foi registado para a estação mina do Braçal – MB e C85 (rio Fílvida) (3.7 bitsind^{-1}).
- ❖ O período de Primavera foi o de maior riqueza específica entre todos os períodos de amostragem, por apresentar 9 das 20 estações estudadas com o número de taxa mais elevado. Destaca-se a estação C66 que apresentou a maior riqueza específica (55 taxa), logo seguida pelas estações C74 e V14, que apresentaram uma riqueza específica (54 taxa) um pouco inferior, seguindo-se as estações mina do Palhal - MP (52 taxa) e C68 (51 taxa). Por outro lado, a estação C85, com 20 taxa, foi a que apresentou a menor riqueza específica neste período, logo seguida pela estação mina do Coval da Mó - MCM que se revelou mais uma vez como a mais pobre por não apresentar taxa.

Ao efectuar uma avaliação individual dos rios e das estações de amostragem, pode-se inferir que:

- ❖ No rio Caima a maior riqueza específica foi verificada no período de Outono, com 7 entre as 13 estações de amostragem com maior número de taxa, enquanto o período de Verão foi o mais pobre. O índice de diversidade foi superior nos períodos de Outono e Primavera, com 5 entre as 13 estações de amostragem com o valor mais alto e o período de Verão com a menor diversidade (H').
- ❖ A estação SF1 foi a segunda estação com uma menor riqueza específica, com um menor número de taxa total ao longo do estudo e um H' muito inferior a 3 bitsind⁻¹ na maioria dos períodos de amostragem. Excepção apenas para o período de Verão que apresentou um valor de 3.2 bitsind⁻¹. O baixo índice de diversidade ao longo do período de estudo poderá estar associado com uma possível deficiência de nutrientes, tendo em conta que afecta o crescimento e desenvolvimento das espécies [IVORRA et al. 2002; HARDING & KELLY, 1997].
- ❖ A estação mina do Coval da Mó - MCM, foi entre as 20 estações em estudo a mais pobre, já que não foi possível, na maioria dos períodos de campanha, efectuar contagens. Excepção apenas foi observada para o período de Outono em que foi registado um pequeno número de taxa (20).
- ❖ No rio Mau constatou-se maior riqueza específica no período de Inverno, com 3 das 4 estações de amostragem com número maior de taxa, enquanto o período de Verão foi o mais pobre. O índice de diversidade foi maior no período de Inverno, com 3 das 4 estações de amostragem com valores mais altos, e o período de Outono com a menor diversidade.
- ❖ No troço do rio Vouga, a maior riqueza específica ocorreu no período de Inverno, em que as 3 estações de amostragem apresentaram o maior número de taxa, e o período de Verão revelou ser o mais pobre. A maior diversidade foi registada no período de Outono enquanto que a menor diversidade ocorreu no período de Verão.

As figuras 6.1, 6.2 e 6.3 representam o comportamento do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), relativos a cada estação de amostragem, ao longo das linhas de água dos rios Caima, Fílvida (afluente do Caima), Mau e troço do rio Vouga.

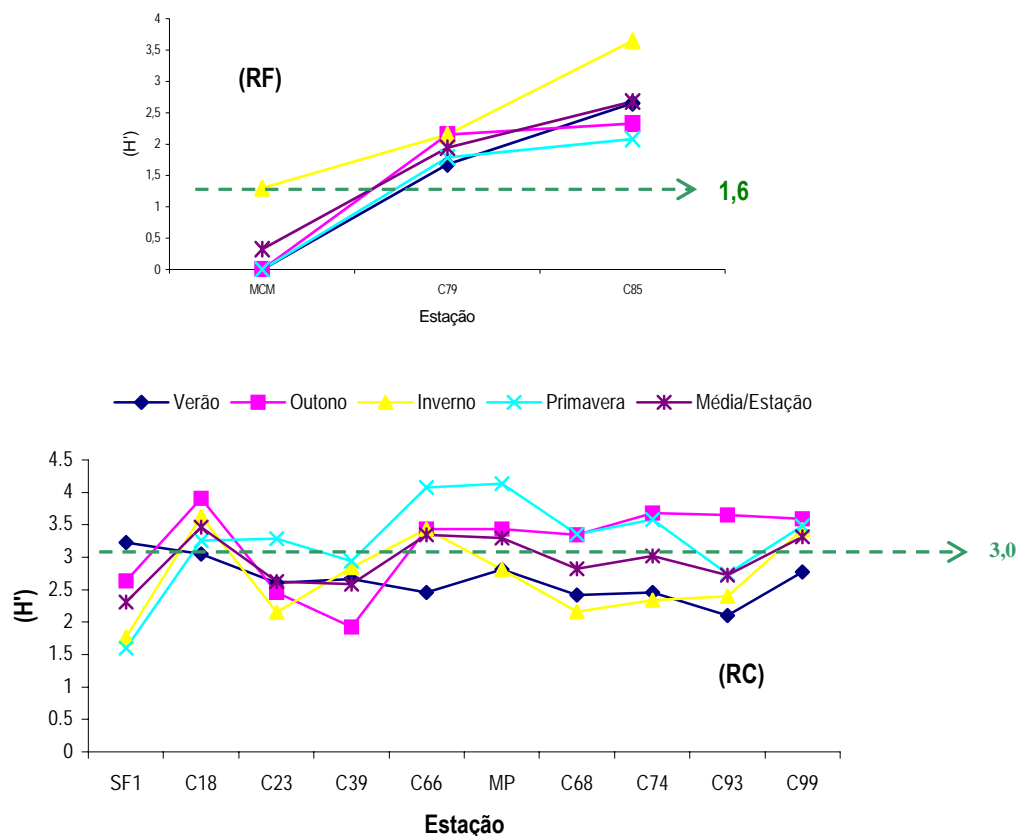


Figura 6.1

Variação do Índice de diversidade de Shannon – Wiener (H' – bitsind⁻¹), nos diferentes locais de amostragem da Corga do Coval da Mó (MCM e C79), do rio Filvida (RF) e do rio Caima (RC) ao longo do período de estudo.

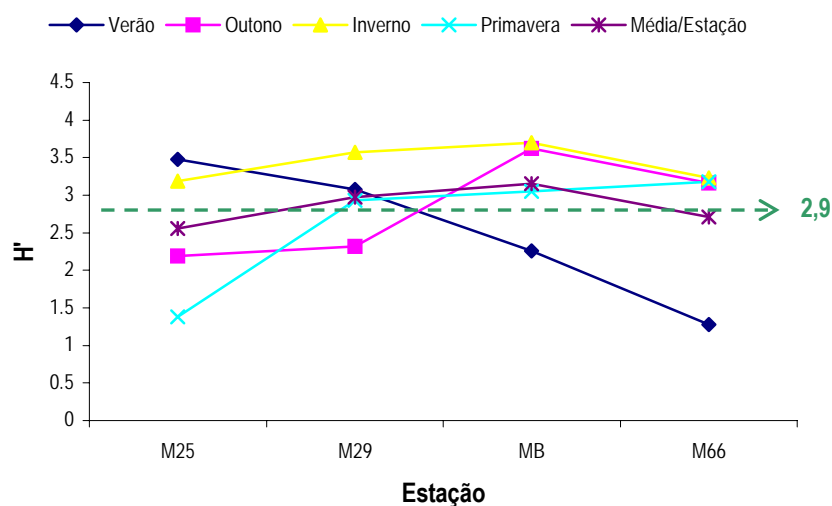


Figura 6.2

Variação do Índice de diversidade de Shannon – Wiener (H' – bitsind⁻¹), nos diferentes locais de amostragem do rio Mau, ao longo do período de estudo.

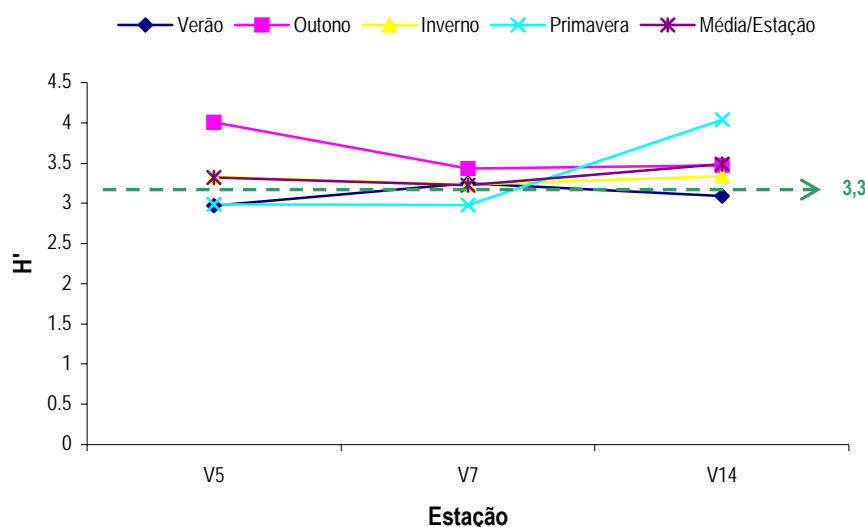


Figura 6.3

Variação do Índice de diversidade de Shannon – Wiener (H' – bitsind⁻¹), nos diferentes locais de amostragem do troço do rio Vouga, ao longo do período de estudo.

- ❖ No rio Caima (RC) não se verificou uma grande diferença no H' quer em termos espaciais quer em termos temporais ao longo do estudo, tendo-se registado um valor médio de 3 bitind⁻¹.
- ❖ No rio Fílvida (afluente do rio Caima) ocorre um gradiente ao longo da linha de água, em que a diversidade aumenta, independente da variação sazonal, à medida que aumenta a distância da estação de amostragem à mina do Coval da Mó – MCM. A diversidade é inversamente proporcional à concentração de elementos vestigiais nos sedimentos de linhas de água e na superfície das pedras. Estes resultados são idênticos aos obtidos por AUSTIN & DENISEGER (1985), TAKAMURA et al. (1990), DEACON & DRIVER (1999) e GENTER & LEHMAN (1999).
- ❖ No rio Mau o índice de diversidade (H') tende a aumentar da estação M25 até a M66 nos períodos de Outono, Inverno e Primavera enquanto que no Verão se regista o oposto. Tal facto, poderá estar associado a deficiência de nutrientes, oxigenação, velocidade de corrente, entre outros factores ambientais.
- ❖ No troço do rio Vouga o índice de diversidade ao longo do rio, apresenta uma oscilação muito pequena em torno da média (3.3 bitsind⁻¹), assim como, também é pequena a influência da variação sazonal e do local de amostragem.

6.2.4.1 – Síntese dos resultados

Das observações registadas para as duas bacias hidrográficas do rio Caima e rio Mau, assim como para o troço do rio Vouga, é possível afirmar no geral, que a maioria das espécies mais frequentes e abundantes, são aquelas de elevada probabilidade de ocorrência em locais livres de poluição.

- ❖ O H' deverá ser avaliado em conjunto com outros parâmetros (Índices biológicos) para que possibilite uma avaliação correcta da qualidade do ambiente, já que, enquanto os Índices biológicos medem a poluição com base nas reacções das diferentes espécies ao meio ambiente, o H' revela apenas alterações na estrutura da comunidade que pode ou não alterar-se com a poluição.
- ❖ Os valores do H' variaram entre 1.3 e 4.1 bitsind^{-1} , com um valor médio de 2.7 bitsind^{-1} .
- ❖ Considerando individualmente cada rio (Caima, Mau, Vouga), verificam-se algumas alterações em relação aos valores de H' e aos períodos de amostragem. Relativamente ao rio Caima, o valor médio mais elevado registou-se no Outono e na Primavera (2.8 bitsind^{-1}), com um pequeno decréscimo para os períodos de Inverno (2.6 bitsind^{-1}) e Verão (2.4 bitsind^{-1}). A bacia do rio Mau apresentou no período da Primavera um H' mais elevado (2.7 bitsind^{-1}), com um decréscimo para os períodos de Inverno (2.6 bitsind^{-1}), Verão (2.2 bitsind^{-1}) e Outono (2.0 bitsind^{-1}). Já no troço do rio Vouga, o período de Outono foi o que apresentou o H' mais elevado (3.6 bitsind^{-1}), com um ligeiro decréscimo para os períodos de Inverno e Primavera (3.3 bitsind^{-1}) e de Verão (3.1 bitsind^{-1}).
- ❖ Considerando a globalidade dos dados a estação V14, localizada no rio Vouga, foi a que apresentou os valores mais elevados de H' ao longo do estudo, alcançando uma média de 3.5 bitsind^{-1} , ao contrário da estação mina do Coval da Mó - MCM, onde só foi possível estimar num único período do ano (Outono) o respectivo valor de H' (1.3 bitsind^{-1}), sendo este considerado muito baixo.

6.2.5 – Qualidade biológica da água - índices biológicos (IBD, IPS)

Através da análise da comunidade das diatomáceas e dos níveis de sensibilidade e/ou tolerância à poluição, reunidos em índices biológicos, foi possível definir a qualidade da água para toda a área estudada.

Numa primeira avaliação geral, considerando-se os dois Índices (IBD, IPS), pode-se constatar que a qualidade das águas nas quatro campanhas de amostragem (Verão, Inverno, Outono, Primavera), foi enquadrada entre as classes de “Medíocre a Excelente” para a bacia hidrográfica do rio Caima, de “Má a Excelente” para a Bacia hidrográfica do rio Mau e de “Média a Excelente” para o troço do rio Vouga.

A classe de qualidade de água “Boa”, foi a única classe que ocorreu em todas as estações de amostragem, em pelo menos um ou mais períodos de campanha. Foi excepção a estação MCM, já que só foi possível determinar o índice de qualidade de água em apenas uma única campanha (Outono), enquadrando a qualidade de água na classe “Excelente”.

6.2.5.1 – Qualidade biológica da água da bacia hidrográfica do rio Caima.

A figura 6.4 apresenta os resultados dos índices IBD e IPS para os locais de amostragem do rio Caima.

O rio Caima percorre da sua nascente à foz, um trajecto longo, irregular e com muitos afluentes que contribuem significativamente para o aumento do seu caudal. Apresenta características físico-químicas bastantes distintas, influenciadas pela geologia, assim como, pelas mais diversas e distintas actividades antrópicas exercidas em várias localidades espalhadas por toda a região da bacia.

A região da Serra da Freita representada pela estação SF1 destacou-se por apresentar a melhor qualidade de água ao longo do período de amostragem, sendo enquadrada com base nos dois índices entre as classes de “Boa a Excelente”, o que já era esperado, por ser uma zona livre de contaminação antrópica e considerada como uma área de preservação ambiental.

As estações C18, C66, MP, C68, C79, C85 e C99 destacam-se positivamente por apresentarem durante os quatro períodos de campanha uma qualidade de água enquadrada nas classes de “Média a Excelente”.

As estações C39, C74, C23 e C93 foram as que revelaram a pior qualidade de água (“Medíocre”), entre todas as estações de amostragem da bacia do rio Caima. As duas primeiras distinguiram-se por serem enquadradas nesta classe em apenas um único período do ano, Verão e Outono, respectivamente. As estações C23 e C93 foram enquadradas nesta mesma classe em dois períodos de amostragem consecutivos, ambas nos períodos de Verão e Outono.

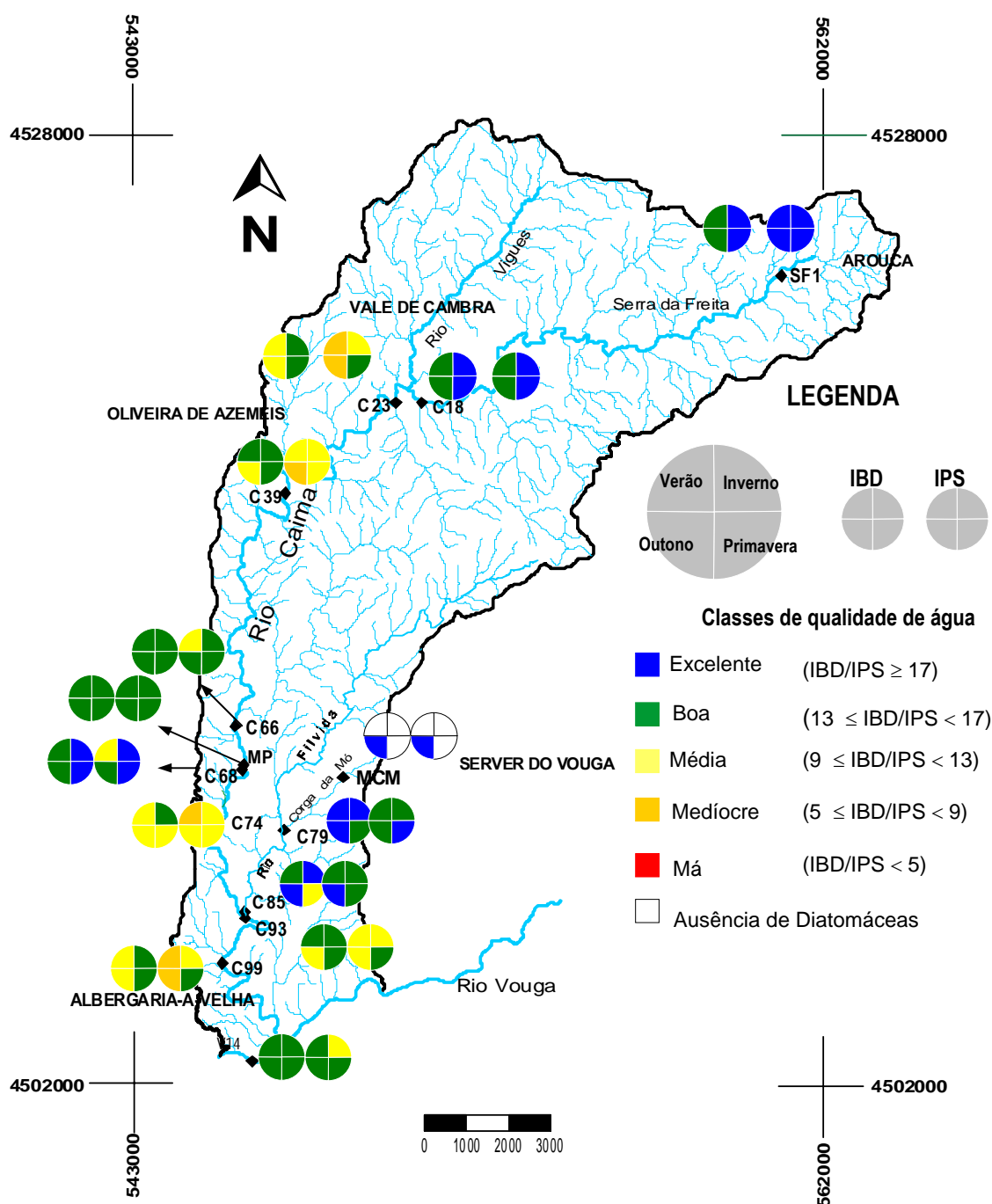


Figura 6.4

Cartografia da classificação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Caima e troço do rio Vouga, através dos Índices Biológicos (IBD, IPS) para os anos de 2001 (Verão, Outono) e 2002 (Inverno, Primavera).

Este facto poderá ser atribuídos a focos de poluição industrial, agrícola e urbana, apontados por vários autores como sendo determinante na contaminação destas zonas [SILVA & VALENTE,

1988; CALADO, 1990; ALMEIDA, 1998; W₈ e W₉], embora as análises químicas das águas neste estudo (Quadros II.2, II.3, II.4, II.5, II.6, II.7, II.8, II.9 – Anexo II) não revelem qualquer anomalia.

Em relação à estação MCM, a contagem duma quantidade insuficiente (<400 valvas) nos três períodos de campanha (Verão, Inverno, Primavera) impossibilitou o cálculo dos índices. A ocorrência dum reduzido número de organismos neste local poderá ser atribuído às elevadas concentrações totais de elementos vestigiais nos sedimentos das linhas de água, embora estes mesmos elementos não estivessem presentes na água superficial. A ausência de colonização das pedras poderá ser devido ao facto dos organismos, terem estado permanentemente cobertos por sedimento com grande quantidade de óxidos de ferro e elementos vestigiais. Na mesma estação de amostragem foi registado um comportamento oposto no período de Outubro/2001, onde o número de organismos possibilitou a sua contagem na amostra foi grande, permitindo obter os índices para a classificação da qualidade da água e que se enquadrou na classe “Excelente”.

As estações C18 e MP foram as únicas na bacia do rio Caima que apresentaram o mesmo padrão de variação sazonal da qualidade da água, tendo sido enquadradas nas classes de “Boa a Excelente” e “Boa”, respectivamente, para ambos os índices.

Em relação aos valores indiciais individuais, do rio Caima, estes foram em geral diferentes com excepção para as estações C18, MP e MCM. Na maioria dos casos, o IPS apresentou valores indiciais menores, indicando pior qualidade de água, ao contrário do IBD que, por vezes, foi mais “optimista”. O IBD tende a atenuar os valores extremos [GOMÁ, et al. 2000]. A sub estimação da poluição por parte do IBD, em certos casos, deve-se ao facto deste índice incluir 209 taxa [COSTE & PRYGIEL, 2000], enquanto o IPS utiliza cerca de 13000 taxa, e sofre actualizações periódicas à medida que novas informações autoecológicas vão surgindo. DESCY & COSTE (1988) referem que o IPS permite a obtenção de bons resultados noutros países que não os da origem dos dados. Outro facto constatado no actual trabalho, é que determinadas espécies com novas denominações, podem não ser reconhecidas pelo índice IBD e por sua vez sobrestimar ou subestimar os valores do índice. Um exemplo verificado na bacia do Caima é o da espécie *Achnanthes oblongella*, que não faz parte do IBD e que poderá originar a sub estimação deste índice quando esta espécie é abundante, como no caso da estação SF1.

6.2.5.2 – Qualidade biológica da água da bacia hidrográfica do rio Mau

Na figura 6.5 são apresentados os gráficos dos índices IBD e IPS para a bacia hidrográfica do rio Mau.

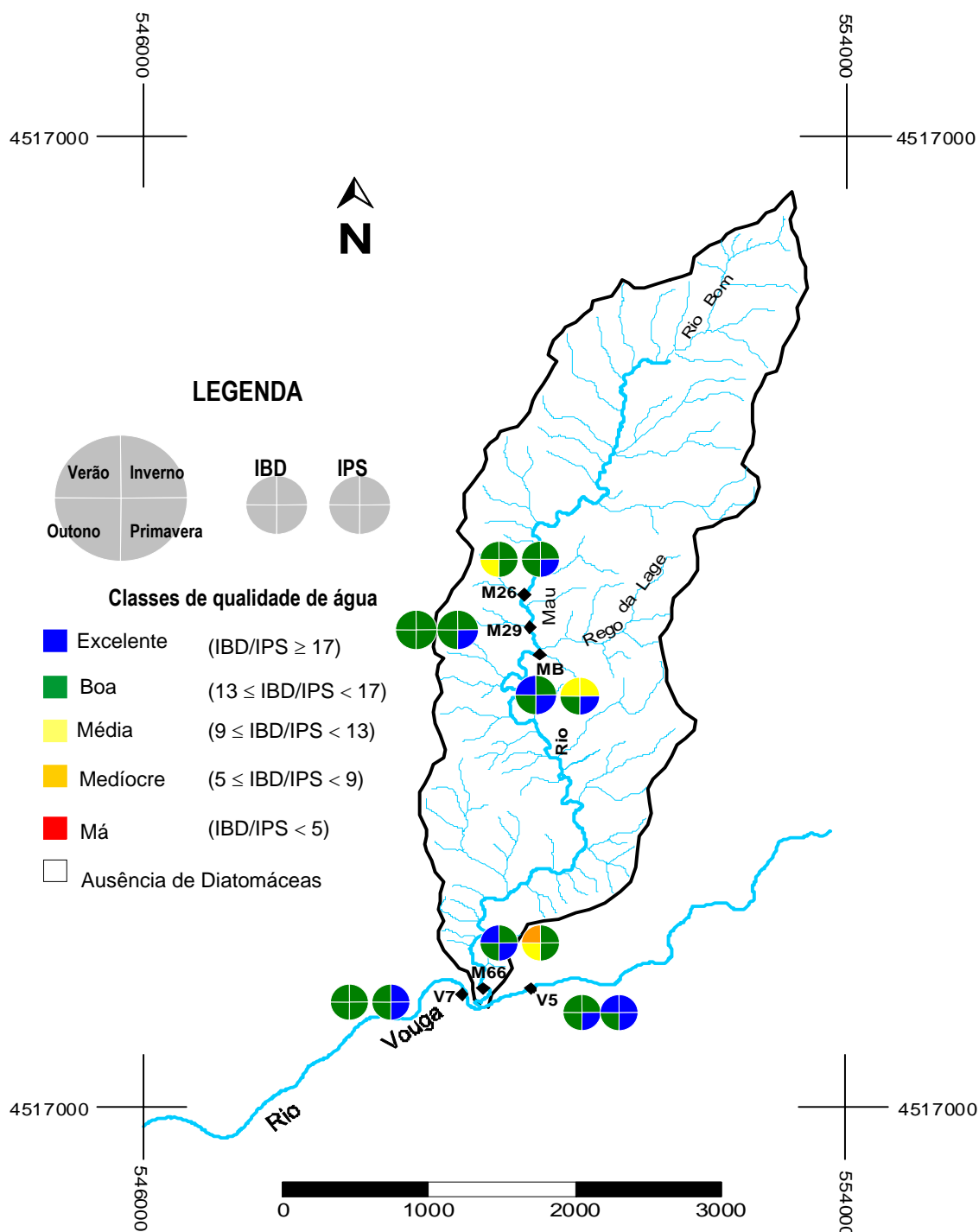


Figura 6.5

Cartografia da classificação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Mau e trecho do rio Vouga, através dos Índices Biológicos (IBD, IPS) para os anos de 2001 (Verão, Outono) e 2002 (Inverno, Primavera).

São 4 as estações de amostragem estudadas na bacia hidrográfica deste rio, e estão localizadas em zonas susceptíveis de contaminação química por efluentes urbanos e agrícolas e principalmente pela proximidade de áreas mineiras abandonadas.

De um modo geral, ao considerar a avaliação da qualidade da água através do conjunto dos índices IBD e IPS, verificou-se que ao longo do período de estudo, a água da bacia do rio Mau, foi enquadrada nas classes de "Medíocre" a "Excelente", apresentando um gradiente de degradação da nascente à foz, em especial no Verão. Este facto poderá estar associado com a diminuição do caudal nesta época e com um possível aumento da concentração de elementos químicos na água [NUNES et al., 2003; NUNES et al., 2005].

Da classificação da qualidade da água do rio Mau, através dos índices, verificou-se no geral, que o IBD é mais optimista que o IPS. Este facto foi evidenciado nas estações MB e M66, em que a primeira, é classificada segundo o IBD como "Excelente/Boa" (Verão/Inverno), enquanto o IPS, classifica-as como de qualidade "Média" (Verão/Inverno). A segunda estação é classificada como "Excelente/Boa" (Verão/Outono) pelo IBD, e o IPS classifica-a como "Medíocre/Média" (Verão/Outono).

Este facto poderá estar associado às novas denominações de determinadas espécies, em que o índice IBD não as reconhece tendo como consequência, neste caso, a sobre estimação dos valores. De uma simulação efectuada na estação M66, verificou-se que utilizando o antigo nome "*Navicula minima*", o valor do índice é muito inferior ao valor correspondente quando se introduz a nova denominação "*Eolimna minima*". Este e outros desajustes do IBD já foram transmitidos aos autores do índice para correcção.

O troço do rio Vouga a montante e a jusante da foz do rio Mau manteve uma qualidade de água de "Boa" a "Excelente", revelando não existir qualquer influência da água do rio Mau na degradação da qualidade da água. Este facto é justificado pelo elevado caudal em comparação com o do rio Mau que facilita a diluição de uma provável contaminação.

6.2.5.2 – Síntese dos resultados

- ❖ Globalmente, os índices diatómicos caracterizam as águas superficiais das bacias dos rios Caima, Mau e Vouga como possuindo qualidade "Boa".

- ❖ A interpretação individual dos índices IPS e IBD permitiu constatar que o IPS apresentou globalmente uma classificação da qualidade da água mais “pessimista” relativamente ao IBD.
- ❖ Os índices diatômicos permitiram verificar a existência dum gradiente de degradação da qualidade da água ao longo do rio Caima e rio Mau, no sentido da nascente para a foz.
- ❖ A avaliação da qualidade da água foi efectuada de uma forma integrada com base na informação dos dois índices bióticos. Considerando que estes índices podem não responder de igual modo (por exemplo na estação C39, no Outono, a qualidade da água foi Média pelo IBD e Medíocre pelo IPS), torna-se necessário nestas situações avaliar os resultados obtidos de modo a identificar qual o índice que melhor se ajusta àquela situação particular.

6.2.6 – Qualidade biológica da água (IBD, IPS) versus qualidade físico-química da água e qualidade química dos sedimentos de linhas de água

Para melhor avaliar as condições do ambiente aquático, de forma mais completa e realista a determinação da qualidade deste ambiente, foi realizada a interpretação conjunta dos índices diatômicos com os parâmetros físico-químicos da água os valores do índice geoquímico (IC) calculado para os sedimentos de linhas de água. Esta abordagem permitiu discriminar estações que tinham sido consideradas semelhantes ao analisar-se separadamente os parâmetros biológicos e geoquímicos.

6.2.6.1 – Índices diatômicos (IBD, IPS) versus qualidade físico-química da água

Através da análise conjunta dos índices diatômicos (sumariados nas tabelas II.6, II.7, II.8 e II.9 e ilustrados nas figuras 6.4 e 6.5) e dos parâmetros físico-químicos da água (Tabelas II.1, II.2, II.3, II.4 e II.5, II.6, II.7, II.8, II.9, II.10, II.11 – Anexo II) foi possível constatar que na área em estudo a qualidade da água, em algumas das estações de estudo, era distinta da obtida considerando os parâmetros físico-químicos e os índices biológicos (IBD, IPS).

Os resultados dos índices IBD e IPS permitiu-nos constatar que os valores para a bacia hidrográfica do rio Caima variaram entre 5.1 e 19.9 (Anexo II) o que indica uma qualidade da água entre as classes de “Medíocre a Excelente”. No que diz respeito à bacia hidrográfica do rio Mau, os valores dos índices variaram entre 8.1 e 19.3 o que confere uma qualidade da água semelhante ao

do rio Caima. No que diz respeito ao troço do rio Vouga, os valores dos índices variaram entre 9.5 e 18.7 o que corresponde a uma qualidade da água entre as classes “Média e Excelente”.

A qualidade da água indicada pelos índices diatômicos parecem contrariar a qualidade da água que é indicada pelo conjunto dos parâmetros físico-químicos fornecidos, dado que foi observado, por exemplo, uma contaminação química por NO_2^- ao longo do estudo na grande maioria das estações, que foram classificadas de acordo com o critério definido pelo INAG como “Poluída” e excepcionalmente como “Muito Poluída”. Os índices biológicos indicaram para a maioria das estações uma boa qualidade. Foram excepção as estações de amostragem dos rios Caima e Mau que apresentaram período de Verão valores baixos em nitritos ou mesmo abaixo do limite de detecção. Estas discrepâncias estão relacionadas com o comportamento distinto das características físico-químicas e dos parâmetros biológicos.

Deve-se ter em conta, que as comunidades de diatomáceas tem uma capacidade de recuperação de cerca de 4 semanas, após um episódio de perturbação no meio aquático, o que sugere a possibilidade de ocorrência da depuração do ambiente aquático em relação aos parâmetros físico-químicos, enquanto as diatomáceas ainda se encontravam em fase de recuperação ou em fase de novas colonizações. A não coincidência exacta da qualidade biológica da água e da qualidade da água traduzida pelos parâmetros físico-químicos, não deve ser interpretada como um mau funcionamento do índice diatômico, visto que os dois conjuntos de dados (biológicos e físico-químicos) dão informações complementares e não redundantes. Enquanto os parâmetros físico-químicos traduzem uma qualidade instantânea e pontual no espaço e no tempo, as diatomáceas integram as variações de qualidade da água, ocorridas durante as últimas 4 semanas. Este atraso natural na recuperação das comunidades de diatomáceas após um qualquer episódio de contaminação poderá ser melhor compreendido e explicado se as correlações forem efectuadas como os parâmetros físico-químicos do mês anterior ao da colheita dos organismos. Por este motivo, parece-nos muito importante o estudo das comunidades de diatomáceas nas nossas formações aquáticas, embora uma única colheita anual por estação de amostragem seja insuficiente para acompanhar a evolução de qualidade de água.

6.2.6.2 – Índices diatômicos (IBD, IPS) versus Índice Geoquímico (IC)

No geral, a interpretação simultânea dos índices discriminou os locais que parecem ser similares ao considerar um aspecto individual (Geoquímico ou Biológico), traduzindo com maior

realidade a qualidade do ambiente aquático (água +sedimento). Da observação das figuras 6.6 e 6.7 é possível verificar que na bacia do rio Caima:

- ❖ A maioria dos locais estudados (Figuras 6.6 e 6.7), o IBD e IPS traduzem uma qualidade de água de “Média” a “Excelente” (quadrantes II e IV), excepção apenas para a C23, C74 e C93 no Verão e Outono (IPS) e C39 no Outono (IPS), enquanto que os elevados valores de IC (> 1) evidenciados para a maioria dos locais (excepção apenas para os locais C23, C18 e SF1), revela um enriquecimento/contaminação dos sedimentos de linhas de água;
- ❖ Na bacia do rio Caima (Figuras 6.6 e 6.7), a avaliação simultânea entre os índices biológicos, em especial o IPS, e o índice de contaminação, em particular nos períodos de Verão e Outono, permitiu separar o local C23, por apresentar uma má qualidade de água (quadrante III), a estação MCM, por apresentar somente contaminação elevada nos sedimentos de linhas de água (quadrante I), enquanto que os locais C39, C74 e C79, foram separadas pelos dois índices (quadrante I), por apresentar uma má qualidade de água e elevada contaminação nos sedimentos de linha de água;
- ❖ O local SF1 (Local de referência) é o único em que os índices biológicos e geoquímicos apresentaram ao longo do estudo um mesmo diagnóstico de boa qualidade do ambiente aquático (quadrante IV);
- ❖ Apesar do IC calculado para o local C23 (Barbeito) revelar que não há contaminação nos sedimentos, o índice diatómico, sobretudo o IPS (nos períodos de Verão, Outono e Inverno), classificam este local como apresentando uma água de qualidade “Má” (quadrante III), o que está de acordo com o contexto em que se insere esta estação. Refira-se que neste local ocorrem frequentemente descargas provenientes da indústria e das fossas sépticas;
- ❖ A utilização isolada dos índices biológicos na estação MCM (mina do Coval da Mó) não permitiu a sua caracterização em termos de qualidade, já que para a maioria das estações do ano não foi possível efectuar a contagem de diatomáceas. Contudo, o IC permitiu concluir que existe uma contaminação significativa dos sedimentos de linhas de água. Na campanha de Outono foi possível efectuar a contagem das diatomáceas concluindo-se que a qualidade da água é excelente. No entanto, considerando a análise conjunta /IC/IPS/IBD) concluiu-se que o meio aquático apresenta contaminação. Este

facto traduz a influência marcada dos mecanismos de dispersão mecânica relativamente aos mecanismos de dispersão química;

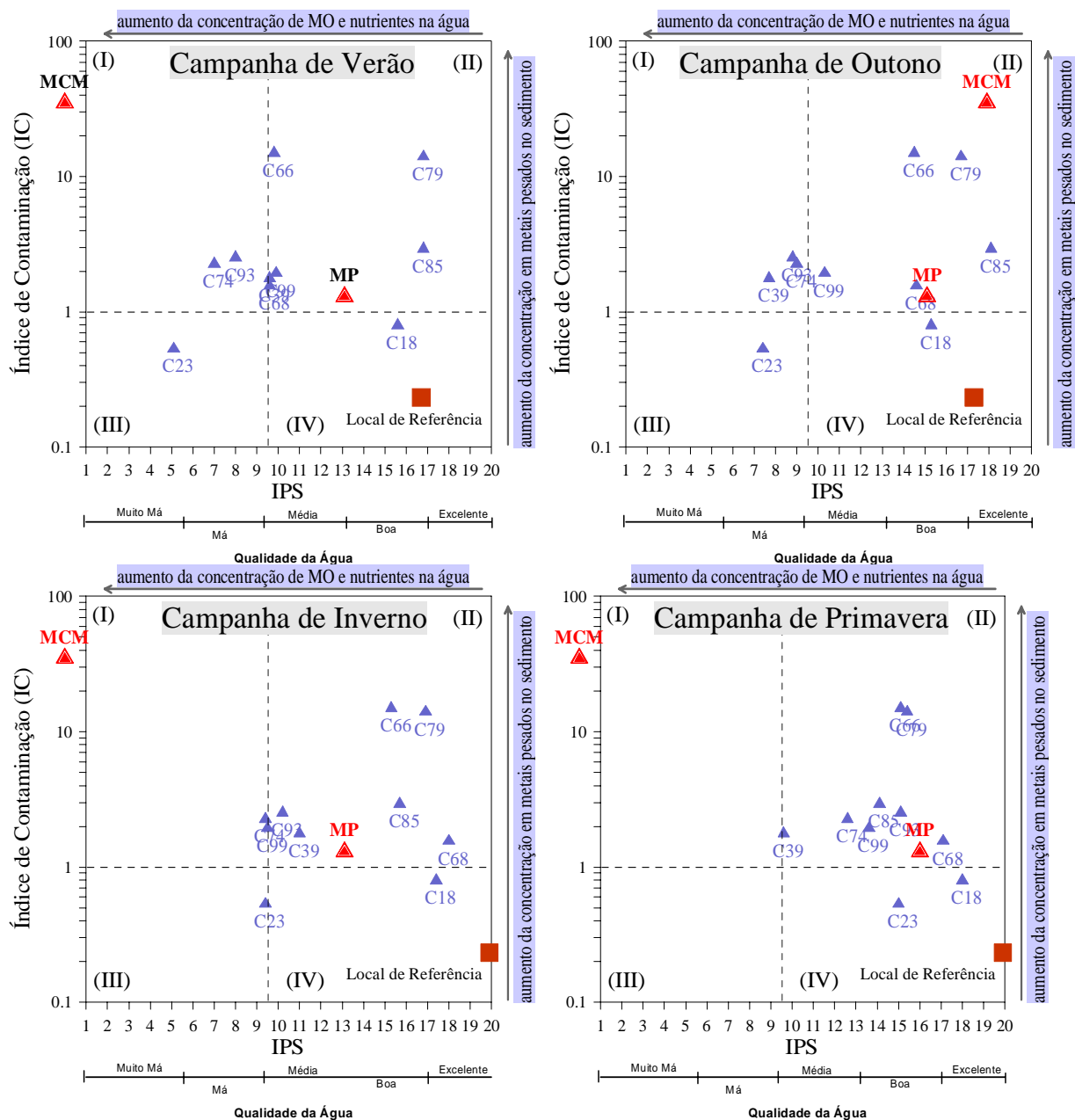
**Figura 6.6**

Gráfico do IPS versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Caima. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.

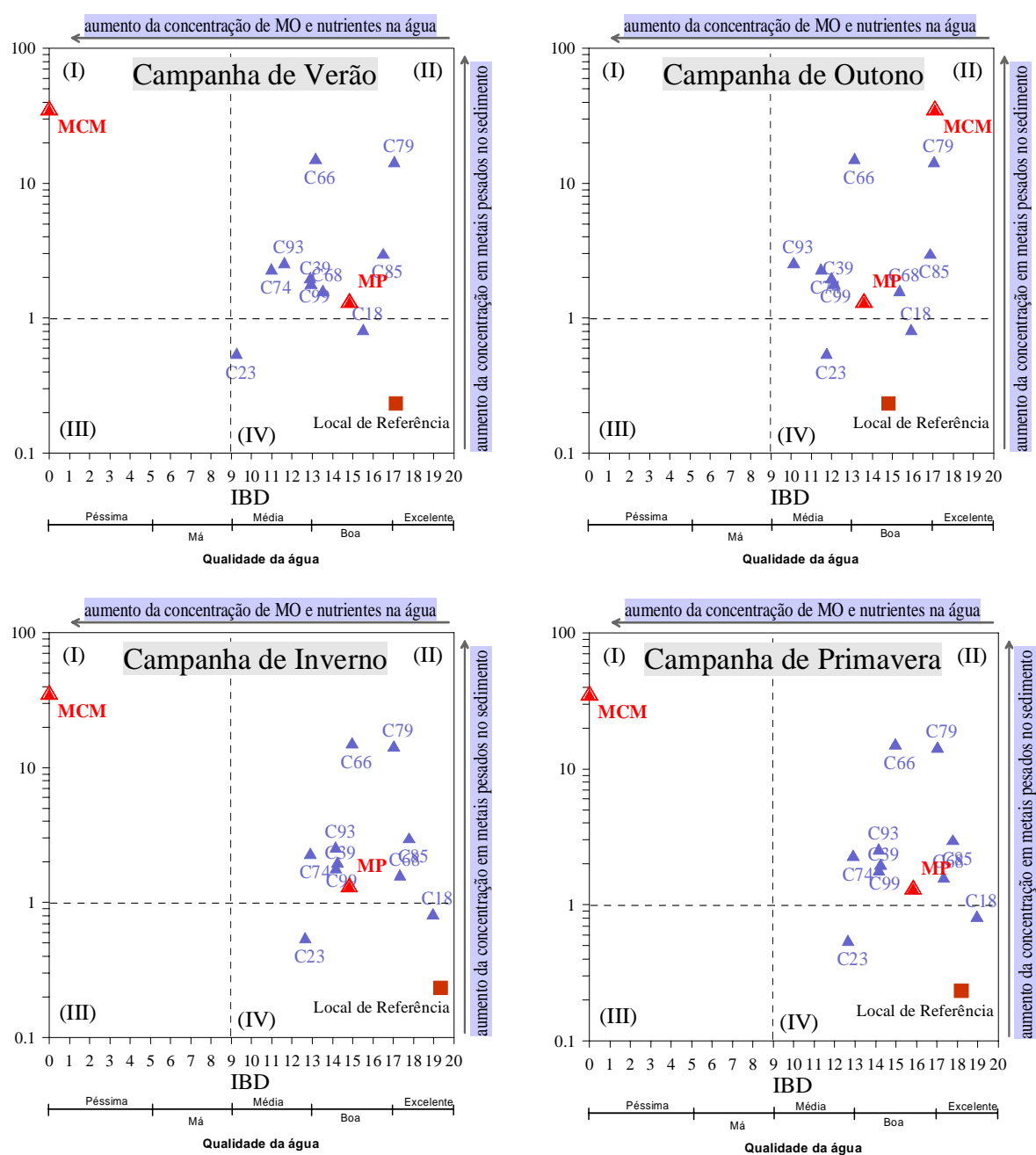


Figura 6.7

Gráfico do IBD versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Caima. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.

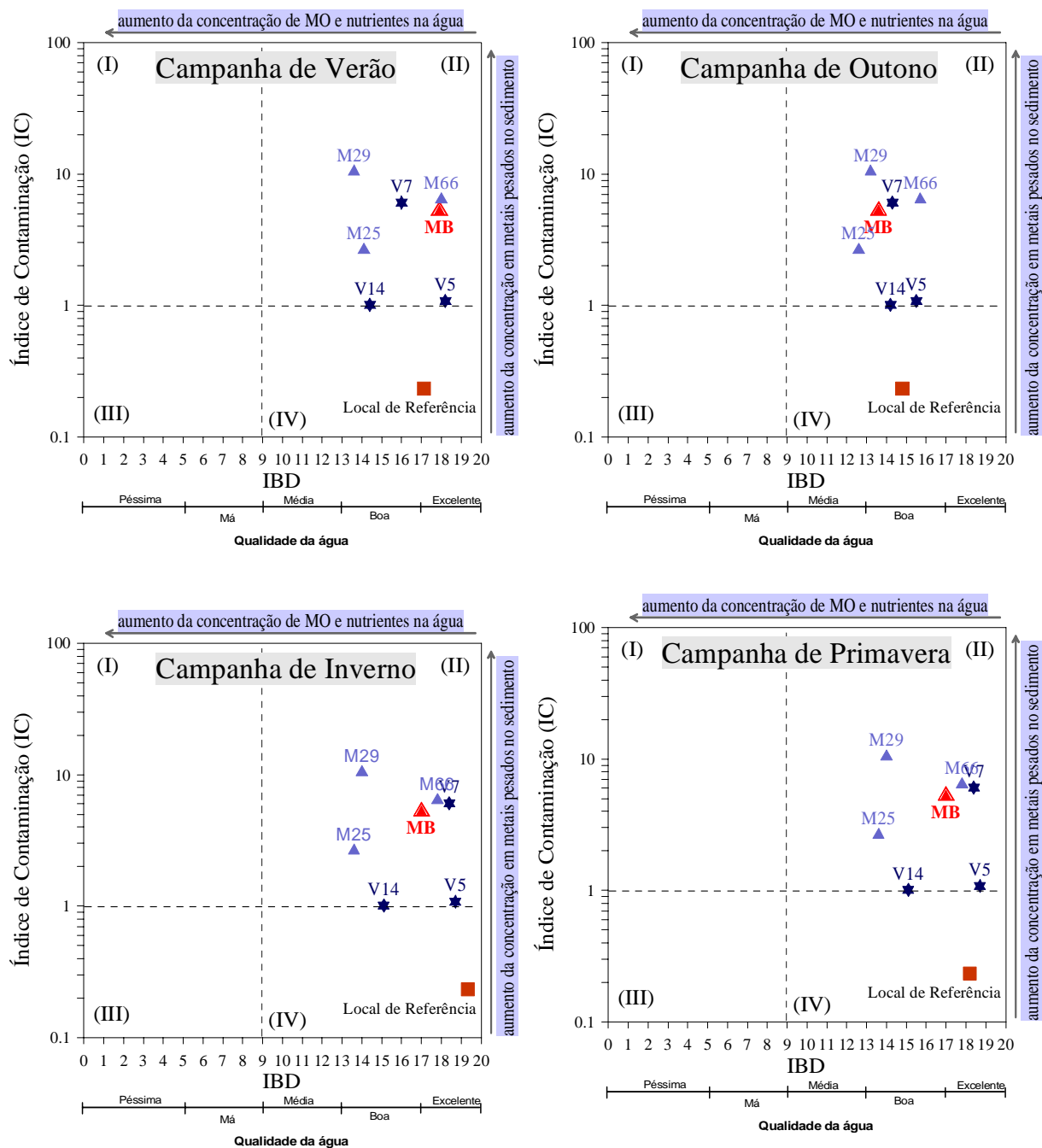


Figura 6.8

Gráfico do IPS versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Mau e troço do rio Vouga. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.

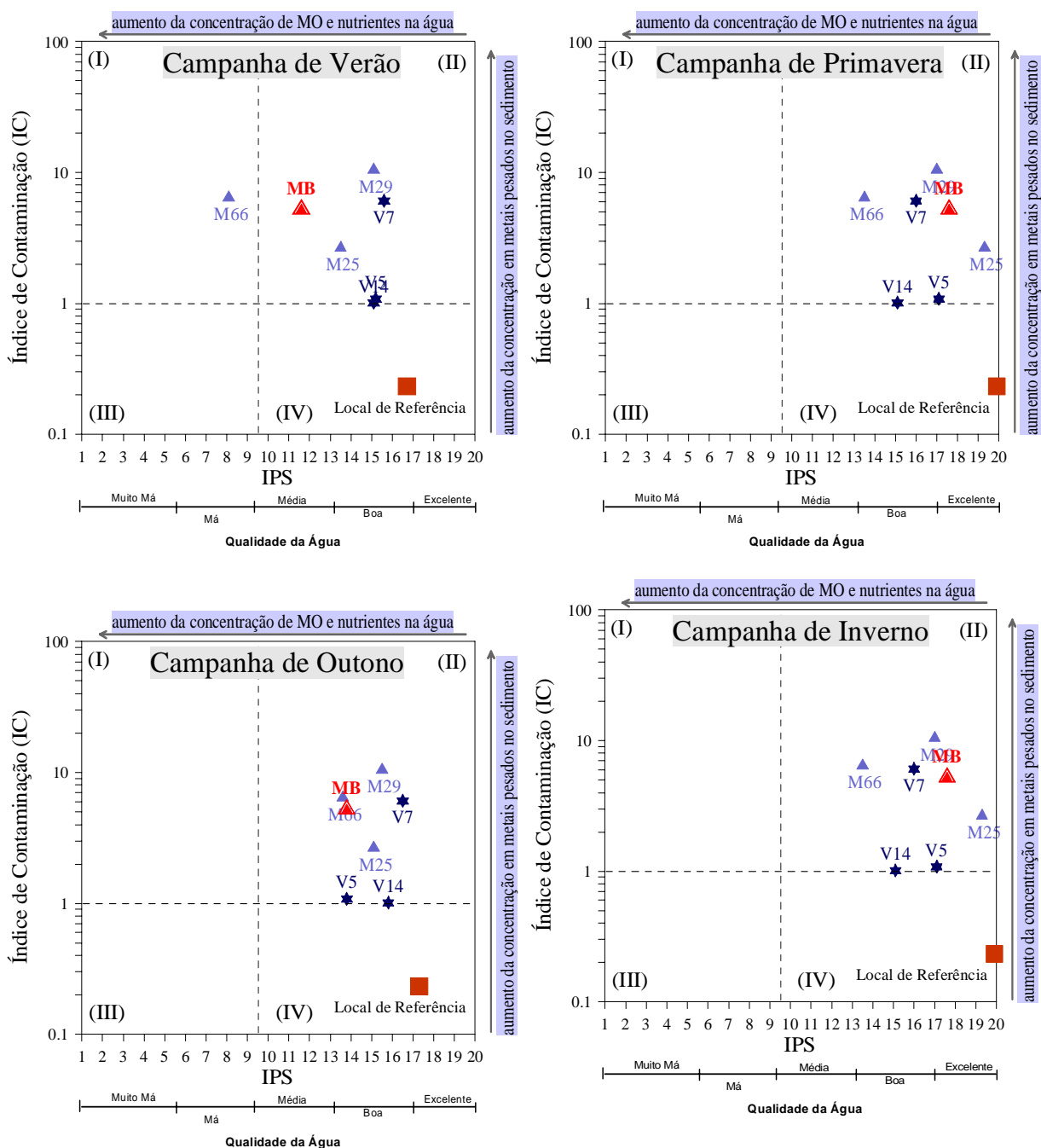


Figura 6.9

Gráfico do IBD versus o Índice de Contaminação (IC) para a bacia do rio Mau e troço do rio Vouga. I – sedimentos e água de má qualidade; (II) – sedimento de má qualidade; (III) – água de má qualidade; (IV) – ambiente aquático de boa qualidade.

Da observação das figuras 6.8 e 6.9 é possível verificar que na bacia do rio Mau e troço do rio Vouga que:

- ❖ Globalmente as estações estão enquadradas no quadrante II traduzindo um sedimento de má qualidade e uma água de boa qualidade. Os teores dos elementos

vestigiais nas amostras de sedimentos de linhas de água não impedem o desenvolvimento de comunidades estáveis de diatomáceas. A análise integrada classifica o meio aquático como contaminado;

- ❖ No local M66, somente um dos índices biológicos (IPS) revela um diagnóstico em comum com o IC, de má qualidade do ambiente aquático no Verão (quadrante I). Este facto resulta da grande predominância da espécie *Eolimna mínima*, que no cálculo do IPS é considerada como indicadora de perturbação do meio aquático, o que reflecte a posição da estação M66 no quadrante I.
- ❖ Os locais V5 e V14 (Figuras 6.8 e 6.9) são os únicos em que os índices biológicos e geoquímicos apresentaram ao longo do estudo um diagnóstico comum da boa qualidade do ambiente aquático em geral (quadrante IV);

O estudo em simultâneo dos índices, pode ser uma importante ferramenta de diagnóstico para futuros estudos de avaliação de impacto ambiental químico em ambientes aquáticos.

6.3 - Avaliação e interpretação das ocorrências de formas teratológicas das diatomáceas.

A capacidade das algas para sobreviverem e se reproduzirem em habitats poluídos pode depender da adaptação genética ao longo do tempo, traduzida por mecanismos como mutação, troca genética, selecção ou mudança nos processos bioquímicos e fisiológicos.

Os metais podem constituir maior ameaça para o ambiente do que os compostos orgânicos, uma vez que os primeiros persistem indefinidamente numa forma ou noutra [WAITE, 1984].

Segundo SPOSITO (1986), alguns metais podem tornar-se potencialmente tóxicos mediante a concentração e a forma química em que se encontram na natureza, bem como pelas características do seu ciclo bioquímico. O mesmo autor reporta uma sequência de toxicidade de alguns metais para as algas, da seguinte forma: $Hg > Cu > Cd > Fe > Cr > Zn > Co > Mn$. Outros metais tais como o Ni e o Pb, são também considerados tóxicos [JORGENSEN & JENSEN, 1984]. Os elementos vestigiais nas águas naturais estão distribuídos por diferentes formas físico-químicas designada por especiação química [TURNER, 1984]. A assimilação e/ou acumulação¹ dos metais vestigiais pelos organismos vivos depende da especiação do elemento químico e da

¹ Considerado tanto o metal adsorvido na superfície do organismo como o metal absorvido, isto é, transportado através da membrana e armazenado dentro do organismo (TESSIER et al., 1994; GENTER, 1996).

fracção biodisponível. A determinação química da fracção biodisponível ainda não é possível na sua totalidade devido à grande complexidade [TURNER, 1984], no entanto já existem várias técnicas disponíveis que permitem fazer alguma discriminação entre as diferentes fases suporte do elemento, designadamente, a Extracção Química Selectiva Sequencial.

Tendo em consideração as diferentes formas em que os metais se encontram no ambiente, é importante o entendimento dos processos biogeoquímicos que explicam a acumulação e efeitos dos metais por organismos aquáticos. Os organismos aquáticos apresentam um largo espectro de padrões comportamentais e modos de alimentação. Muitos dos organismos estão em contacto com metais, quer dissolvidos quer particulados e com diferentes formas químicas desses metais, podendo acumulá-los directamente da água ou das fases sólidas. A reacção dos organismos à presença de produtos tóxicos em geral e a metais em particular, assim como, a sua assimilação e acumulação poderá depender de vários factores físico-químicos, entre os quais se destacam o pH, a dureza da água, a concentração de matéria orgânica, agentes quelantes, a presença de outros iões e a presença de outros poluentes, entre outros [TESSIER & CAMPBELL, 1994; ALMEIDA, 1998; GOLD, 2002]. A grande maioria dos organismos aquáticos absorve metais a partir de soluções e por toda a sua superfície.

Apesar do seu potencial nocivo, alguns metais são essenciais (micronutrientes) para o desenvolvimento dos organismos, desde as bactérias até o ser humano, mas em baixas concentrações, podendo no entanto em concentrações elevadas danificar os sistemas biológicos (W₁₇). Os metais podem ser classificados em elementos essenciais (Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Zn), em micro-contaminantes ambientais (As, Hg, Pb, Ti, Sn e W). Outros autores também referem a importância do Cu e Al como elementos essenciais aos organismos [HARRISON & MOREL, 1983; WOOD, 1984; MATSUNAGA, et al., 1987; EICHENBERGER, 1986; PRICE & MOREL, 1991].

Dentro deste contexto podem-se efectuar algumas inferências a respeito das diatomáceas teratológicas (deformadas) observadas em maior abundância na estação C79 e em números bem menos significativos na estação C85 (Figura 6.10).

Dos taxa que apresentaram deformações nestes dois locais de amostragem sobressaíram dois: *Fragilaria capucina* var. *rumpens* e *Fragilaria crotonensis*.

A percentagem total de valvas de *Fragilaria capucina* var. *rumpens* contadas foi semelhante nos locais C79 e C85 (cerca de 20%) para o Inverno e Primavera na C79 e no Inverno na estação C85. De todas as valvas de *Fragilaria capucina* var. *rumpens* contadas na estação

C79, cerca de 61% eram deformadas. Pelo contrário, na estação C85, apenas ocorreram pontualmente valvas deformadas na mesma espécie

Fragilaria capucina var. *rumpens* foi entre os dois taxa o que mais se destacou, por apresentar ao longo do estudo uma maior frequência e abundância de formas teratológicas, sobretudo, no Inverno (13,7%) e na Primavera (12,1%) (Figura 6.10).

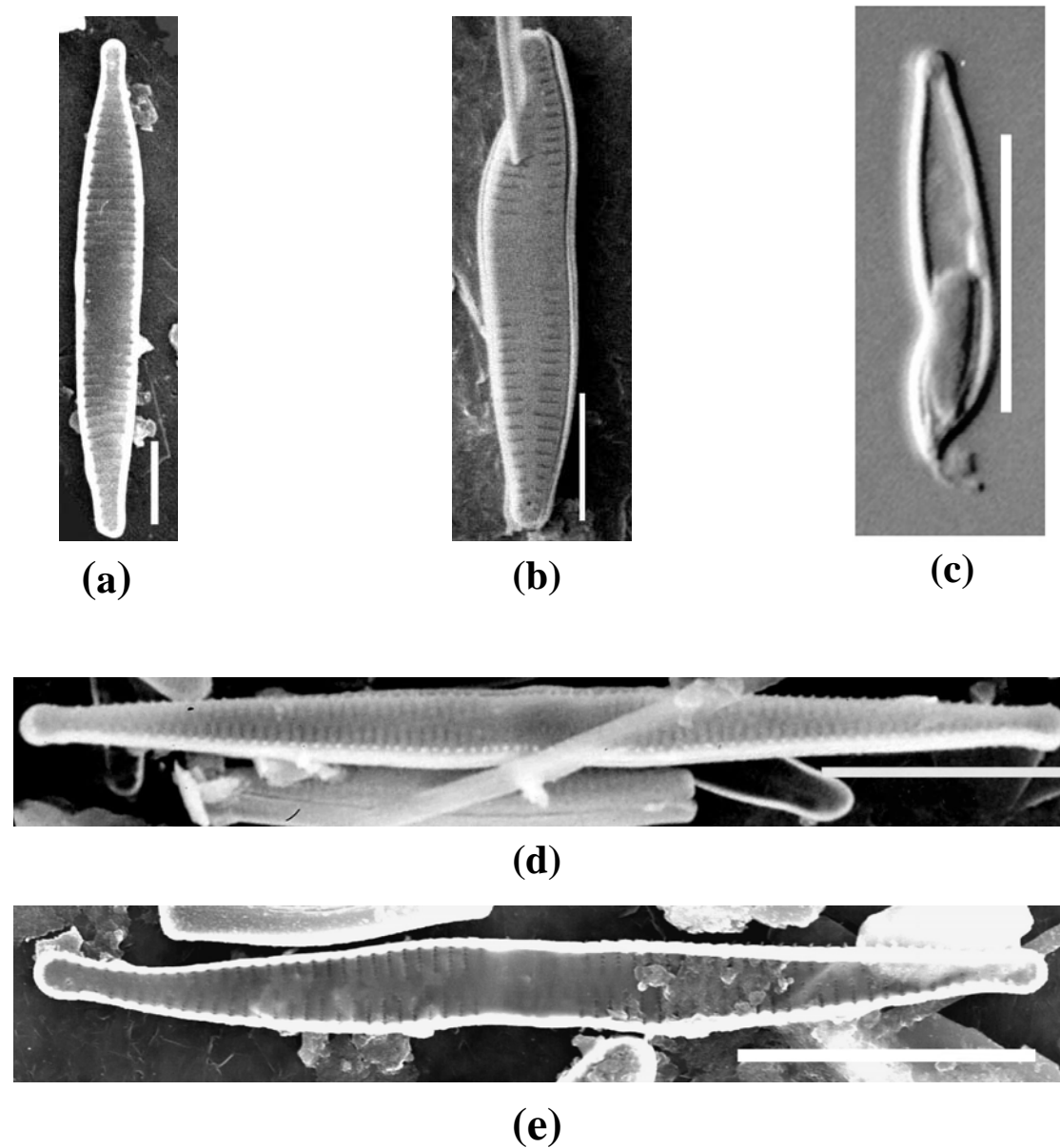


Figura 6.10

Microfotografia de diatomáceas com forma teratológica (deformada) e forma normal. *Fragilaria capucina* Desmazieres var. *rumpens* (Kützinger) Lange-Bertalot; forma normal (a) e forma teratológica (b,c); *Fragilaria crotonensis* Kittor; forma normal (d) e forma teratológica (e). Microscópio - ZEISS 100x C/OPTV imagem de espécie viva (c); Foto em Microscópio Electrónico de Varrimento - JEOL JSM-6301F Scanning Microscope, (a, b, d, e). Escala 5µm (a,b), 10µm (c,d) and 12µm (e)

Foi constatado ao longo do estudo que o número de formas teratológicas de *Fragilaria capucina* var. *rumpens* foi sempre superior ao número das formas sem deformação na estação C79 (Tabela V.10 – Anexo V) o que denota possivelmente a ocorrência de uma perturbação das condições do ambiente aquático nesta zona. A possível causa do aparecimento das deformações no contorno valvar e no padrão de estriação será a presença de elevados teores totais de elementos vestigiais nos sedimentos de linhas de água (Tabela 6.1) [NUNES et al., 2003; BORG, & HEDLUND, 2001] particularmente das elevadas concentrações de Cd ($13,0 \text{ mg kg}^{-1}$), Fe (50000 mg kg^{-1}), Pb (6642 mg kg^{-1}) e Zn (2056 mg kg^{-1}) nos sedimentos sobre a superfície das pedras [NUNES et al., 2002], habitat destes organismos. Ao longo do estudo não foram detectados na água da estação C79 valores anómalos para os parâmetros físico-químicos, incluindo metais, (Tabela II.1, II.2, II.3 e II.4 – Anexo II), ou de outros factores de stress, tais como fortes variações de pH ou de temperatura e escassez de sílica que pudessem ser responsáveis pelas deformações frustulares encontradas. Contudo, deve-se ter em consideração o facto das diatomáceas terem a capacidade de se restabelecerem num período de cerca de 30 dias, o que poderá sugerir também uma possível existência de contaminação da água em períodos antecedentes às campanhas de amostragem.

Ao considerarem-se os metais pesados em sedimentos como uma das principais causas das deformações das diatomáceas, o Pb, Cd e Zn assume um importante papel no possível efeito de toxicidade, tendo-se em consideração a sequência de toxicidade causada por metais. IVORRA et al. (2002), referem as concentrações de Zn, como sendo a mais importante na redução do crescimento das algas em relação às concentrações de Cd.

Para este trabalho, o Pb e o Cd, apresentam-se como potenciais candidatos causadores da deformação das diatomáceas, por estarem presentes nos sedimentos de linhas de água na estação C79, em elevadas concentrações trocáveis (66% e 35% da extracção com acetato de amónio, respectivamente), o que indica que esses elementos podem ser facilmente libertados. O Zn também aparece como um importante elemento químico ligado à fase suporte facilmente trocável nos sedimentos de linhas de água, embora apresente uma percentagem de troca inferior (12% da extracção do acetato de amónio), às do Pb e Cd.

Apesar de *Fragilaria crotonensis* e *Fragilaria capucina* var. *rumpens* serem consideradas espécies sensíveis a condições ambientais degradadas, a segunda apresenta uma maior abundância de formas deformadas em relação às não deformadas, o que poderá indicar uma

maior sensibilidade aos elementos vestigiais já que no decorrer deste estudo não foram identificadas outras causas externas potenciadoras de gerar deformação.

Têm sido referidos vários casos de deformações frustulares e alterações significativas nos tamanhos celulares em locais contaminados por metais. GOLD et al. (2003) encontraram frústulas torcidas de *Fragilaria capucina* var. *gracilis* (<3%) em dois locais com concentrações elevadas de Cd e Zn. CATTANEO et al. (2004) registaram também uma abundância relativa de 3% de deformações valvares em *Fragilaria* cf. *tenera*, *Fragilaria capucina* var. *rumpens* e *Eunotia* sp. relacionando-as com a concentração de cobre. DICKMAN (1998) encontrou 2% de diatomáceas bentônicas marinhas com deformações (*Fragilaria capucina*, *Achnanthes hauckiana* and *Diatoma vulgare*) num local com elevadas concentrações de Cd, Cu, Ni, Pb e Zn. MCFARLAND et al. (1997) detectaram valvas anormais de *Fragilaria* tendo colocado a possibilidade destes organismos indicarem elevadas concentrações de metais dissolvidos em águas correntes.

É interessante referir que várias publicações recentes revelaram a ocorrência de valvas deformadas do género *Fragilaria* em diferentes áreas geográficas (Europa, América do Norte, Ásia) tanto em água doce como em águas marinhas e sujeitas a diferentes misturas de metais. No entanto, em nenhum desses estudos foi detectada uma abundância relativa de formas “anormais” tão elevada como no presente estudo.

Apesar deste taxon ser capaz de sobreviver em locais com elevadas concentrações de metais, parece falhar um mecanismo protector e o resultado é o aparecimento de espécimes de *Fragilaria* deformados. As algas desenvolveram diversos mecanismos de tolerância aos metais a nível celular tais como uma diminuição no número de pontos de ligação na superfície celular, inibição da assimilação, o desenvolvimento de métodos de exclusão ou de métodos de destoxificação internos tais como a acumulação de metais em grânulos polifosfatados (RAI et al. 1990, TWISS & NALEWAJKO, 1992). Os metais inibem o normal funcionamento das membranas celulares e diminuem a assimilação do ácido silícico bem como a síntese de amino-ácidos provocando deformações durante a formação da parede celular de natureza siliciosa (FISHER AND JONES, 1981 in GOLD et al., 2003).

6.3.1 – Síntese dos Resultados

Sintetizando os resultados obtidos podemos concluir que:

- ❖ Os resultados obtidos levam-nos a concluir que o gradiente dos elementos vestigiais detectado nos sedimentos de linhas de água e/ou na superfície das pedras, ao longo do rio Fílvida (afluente do rio Caima), poderá estar na origem das deformações das diatomáceas. No entanto, outras variáveis ambientais não medidas neste estudo, poderão também contribuir para este facto, já que outras estações, designadamente no rio Mau, também apresentaram elevadas concentrações de metais nos sedimentos de linhas de água, e não se verificou tal evento;
- ❖ Os resultados de extracção selectiva revelaram que uma percentagem importante de alguns metais (Pb, Cd e Zn) é facilmente extraível (provavelmente biodisponível) facto que poderá estar na origem da deformação das diatomáceas.
- ❖ A aplicação de índices de contaminação geoquímica (PEC e DI) foram muito elevados nos locais MCM e C79 indicando um ambiente tóxico. Este aspecto foi confirmado pela análise das comunidades de diatomáceas que mostraram alterações taxonómicas ao longo do gradiente de metais tendo-se registado um aumento da riqueza específica e da diversidade da estação MCM à M85 tal como referido anteriormente. A mistura de metais e as elevadas concentrações registadas nos sedimentos de linhas de água no local mais próximo da mina (MCM) foi demasiado tóxica para permitir o desenvolvimento das diatomáceas. No local imediatamente a jusante (C79) a diminuição das concentrações dos metais em cerca de duas ordens de grandeza permitiu o desenvolvimento de diatomáceas, muitas das quais com deformações, nomeadamente em *Fragilaria capucina* var. *rumpens* (61% no C79 e 7% no C85).

Com estes resultados podemos por a hipótese das valvas deformadas das diatomáceas serem um indicador válido de contaminação por metais.



CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os objectivos principais deste trabalho de investigação foram identificar e avaliar os possíveis impactos ambientais, essencialmente de natureza química, que afectam as áreas das bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau, com ênfase nas áreas envolventes de antigas minas (Pb-Cd-Zn) abandonadas.

Para atingir estes objectivos realizou-se um estudo integrando a componente geoquímica e biológica o que implicou a utilização dos diferentes meios amostrais, respectivamente, os sedimentos de linhas de água, águas de superfície, plantas e respectivos substratos, e algas (particularmente as diatomáceas).

O tratamento dos resultados analíticos dos sedimentos de linhas de água integrou técnicas estatísticas de análise univariada com vista à determinação dos principais parâmetros estatísticos das populações de dados e à elaboração da cartografia pontual dos teores dos elementos vestigiais nos sedimentos de linha de água. Da observação da cartografia dos valores pontuais definiram-se áreas de valores anómalos (iguais ou superiores ao percentil 95%), as quais foi possível relacionar com os principais focos de enriquecimento/contaminação. A aplicação da ACP aos sedimentos de linha de água das bacias hidrográficas permitiu distinguir 2 associações de variáveis em que a primeira explica a associação de elementos (Sc, V, Ba, Mg, Ga, Al, K, Ti, Na) que tem origem geogénica e a segunda (Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn, Ag) que tem origem em processos antrópicos (industriais, agrícola, urbanos e principalmente, mineiros).

De um modo geral, as origens de contaminação existente nas bacias hidrográficas dos rios Caima e Mau prendem-se não só com a existência das antigas minas abandonadas, com a presença de galerias subterrâneas e escombreyras à superfície, mas também com as actividades agro-pecuárias, domésticas e industriais.

Nas regiões norte e centro da bacia do rio Caima, os padrões de distribuição do Zn, Cd, Ni, Co, S, Pb, Mn e Ag nos sedimentos de linha de água reflectem dois tipos de comportamentos:

(a) mistura de efeitos antropogénicos de origem industrial, agrícola e resíduos urbanos. Este facto foi constatado na sub-bacia do rio Viques e no troço principal do rio Caima, entre a confluência dos rios Viques e Caima e alguns km a jusante da antiga Fábrica de Papel do Caima e na sub-bacia da ribeira da Felgueira, inserido no Conselho de Albergaria-a-Velha, freguesia de Ribeira de Frágoas. Nestes casos existe uma dominância dos mecanismos de dispersão química relativamente aos mecanismos de dispersão mecânica;

(b) presença de antigas explorações mineiras, designadamente: (a) na zona envolvente à mina do Palhal e na proximidade da Fábrica de Celulose, (b) na zona envolvente da mina Coval da Mó (freguesia de Valmaior, na sub-bacia do rio Fílvida, na ribeira do Coval da Mó), inserido no concelho de Albergaria-a-Velha, freguesia de Ribeira de Frágoas, (c) na zona envolvente da mina da Malhada e (d) na zona envolvente da mina do Braçal. Neste caso existe uma dominância dos mecanismos de dispersão mecânica.

A Cartografia do Índice de Contaminação (IC) permitiu definir zonas com sucessivos graus de contaminação. Constatou-se neste estudo que os sedimentos de linhas de água apresentavam valores de IC pertencentes à Classe 6, ou seja que excedem, em média, 6 ou mais valores de fundo geoquímico regional, ocorrendo na proximidade das zonas mineiras(a) no rio Caima, nomeadamente, na sub-bacia do rio Fílvida; (b) na sub bacia da ribeira do Mouquim; (c) ao longo da linha principal do rio Mau, a jusante da antiga área mineira da Malhada estendendo-se até a foz do rio. A presença de depósitos de escombreira de antigas minas abandonadas é identificada como sendo uma das fontes principais dos metais pesados nos sedimentos de linha de água. Algumas amostras das bacias hidrográficas do rio Caima, situada na sub-bacia do rio Viges e na linha principal do rio Caima (a montante da Mina do Palhal) e na bacia do rio Mau, situada numa zona mais ao norte da bacia apresentam também pontualmente valores de IC pertencentes à Classe 6.

Sobre as escombreiras constata-se a presença de vegetação escassa mas em as espécies estudadas reflectem de forma mais efectiva as concentrações que se encontram nos respectivos substratos, evidenciando na maioria dessas espécies a existência de um mecanismo de tolerância a essas concentrações elevadas de metais, nomeadamente, *Rubus ulmifolius* (Pb e Zn) *Pinus pinaster* (As) e *Holcus lanatus* (Cd).

Os metais pesados Zn, Pb, Cd afiguram-se como os elementos de potencial perigosidade. Os resultados da Extracção Química Selectiva Sequencial (EQSS) obtidos em amostras de material de escombreiras da Mina Coval da Mó e de sedimentos de linha de água de três locais estratégicos (MCM, C79, C85) evidenciaram que uma elevada percentagem desses teores se encontra na forma biodisponível (extracção com acetato de Amónio). Deve-se enfatizar que os resultados sugerem que a dispersão é principalmente mecânica (presença de pirite, de galena e blenda nas amostras dos sedimentos) mas que certas fases-suporte como a anglesite e a smithsonite podem ser uma fonte importante destes elementos.

O valor de PEC (concentração provável de efeito de toxicidade) calculado na ribeira do Coval da Mó, entre as estações de amostragem MCM e C79, é elevado indicando a presença de um ambiente muito tóxico (Pb, Zn, Cd, Ag).

Os dados das análises físico-químicas das águas indicam que, no geral, estas não se encontram poluídas, coincidindo com os resultados dos índices diatomológicos que revelam que as águas têm uma qualidade que varia de média a excelente para a maioria das estações de amostragem. A excepção é a amostra representativa do local da Mina do Coval da Mó, que apresentou pior qualidade de água em três dos quatro períodos de amostragem.

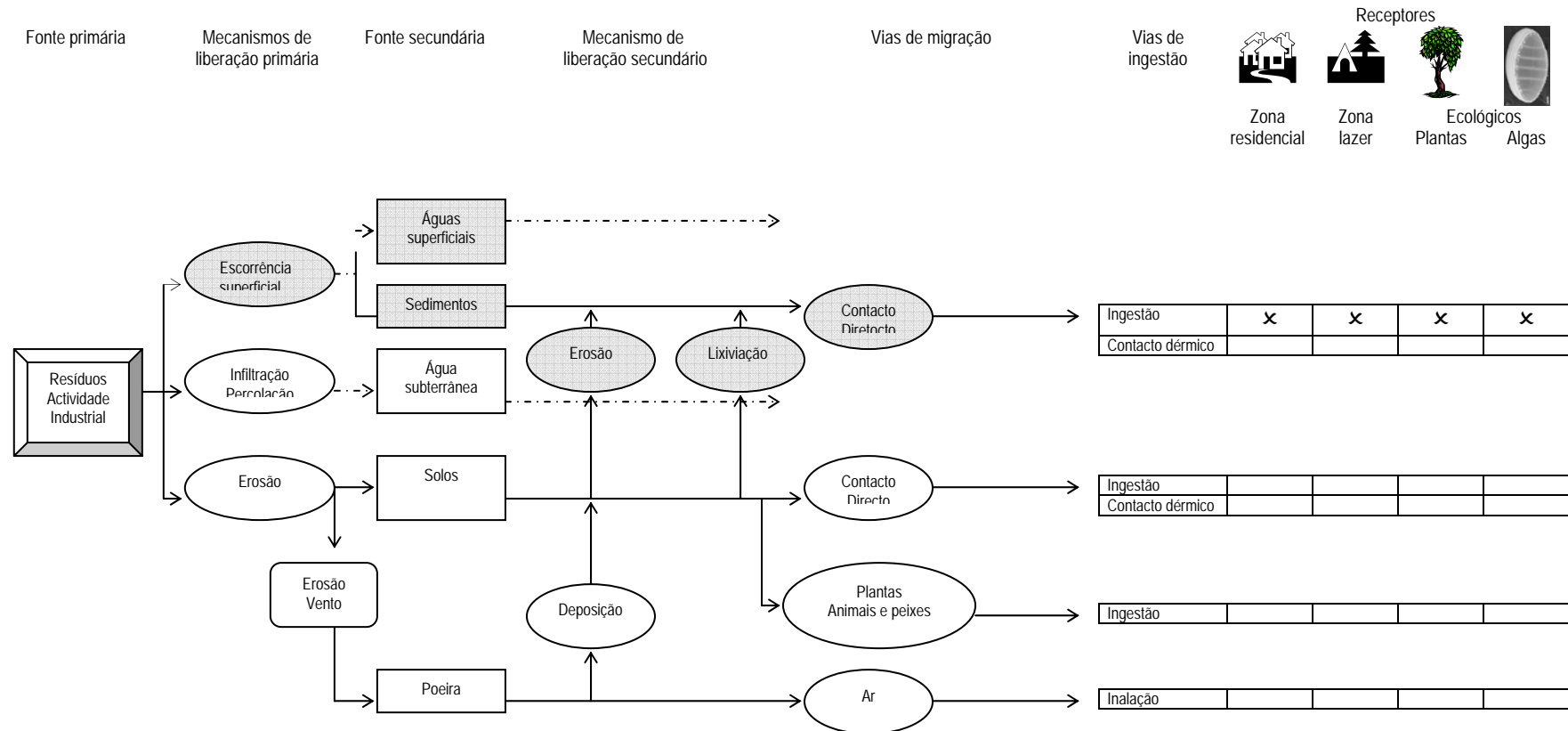
A mistura dos elementos vestigiais e a presença de concentrações elevadas nos sedimentos de linha de água perto da mina (MCM) revelou ser demasiado tóxica para permitir o desenvolvimento da comunidade de diatomáceas.

A comparação dos resultados obtidos da cartografia do índice geoquímico (IC), dos índices biológicos (IBD, IPS) e do grau de toxicidade (TEC, MEC, PEC), permitiu definir de uma forma mais clara as zonas de toxicidade elevada.

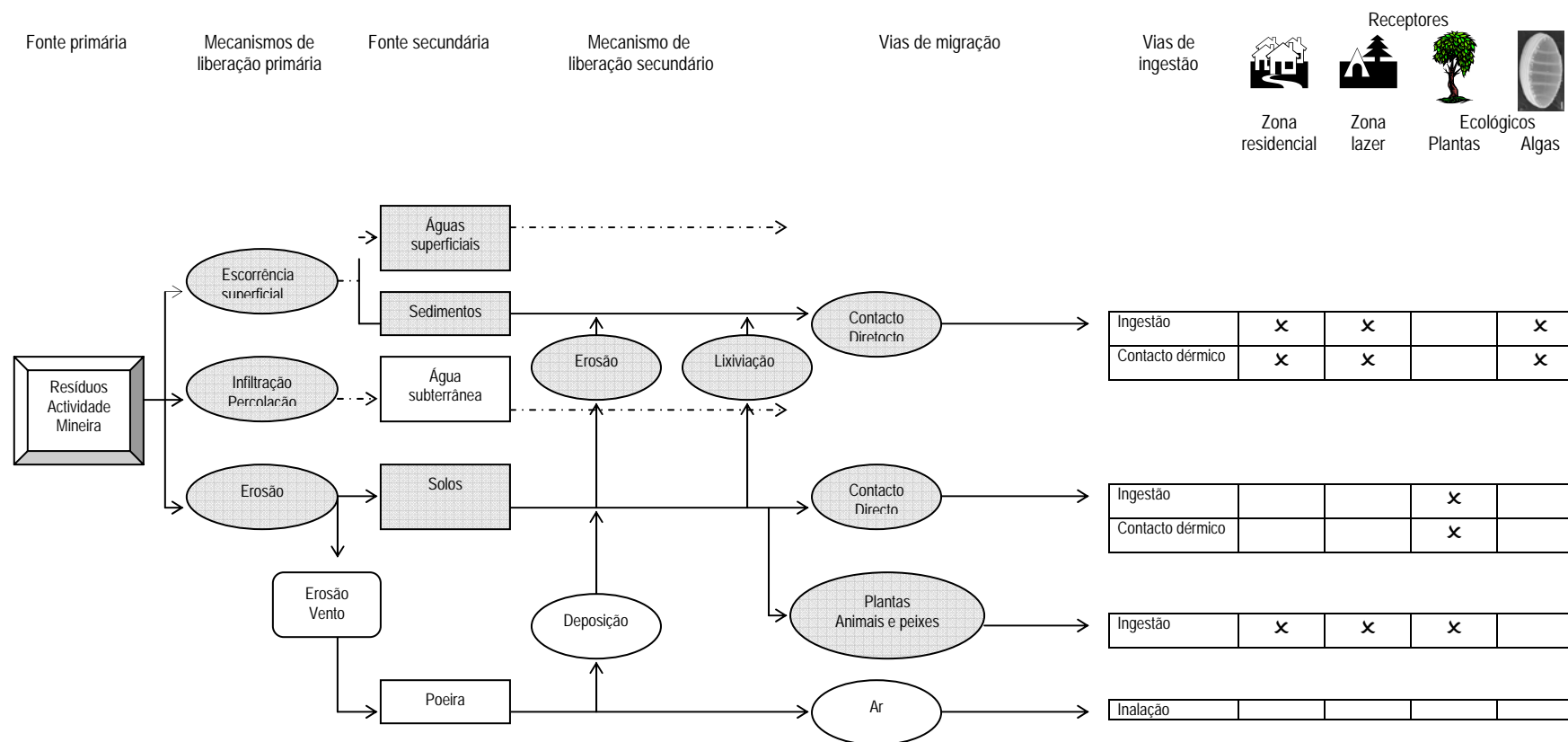
O estudo biológico através das diatomáceas, também registou na área em estudo, particularmente, na ribeira do Coval da Mó (estação de amostragem da Mina Coval da Mó), uma ausência de diatomáceas em três das quatro campanhas de amostragem. Entretanto, a diminuição na concentração dos metais para níveis mais baixos (duas ordens de grandeza) (de MCM para C79) permitiu o desenvolvimento das diatomáceas, que, no entanto, apresentaram deformações (formas teratológicas), particularmente em *Fragilaria capucina* var. *rumpens* (61% em C79 e 7% em C85). Estes resultados permitem concluir que as valvas distorcidas (teratológicas) das diatomáceas podem ser um indicador válido da presença de contaminação em elementos vestigiais.

Os resultados obtidos através do estudo do impacto ambiental químico sob as áreas das bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau, permitiu detectar a ocorrência de problemas de contaminação dos diferentes compartimentos ambientais por metais pesados, identificados em determinadas zonas das bacias e que apresentam como fontes de poluição, os resíduos urbanos e industriais, assim como outras fontes de poluição subtis, como os nutrientes arrastados pelas águas de infiltração e com uma maior ênfase, os resíduos das escombreyras de antigas áreas mineiras abandonadas.

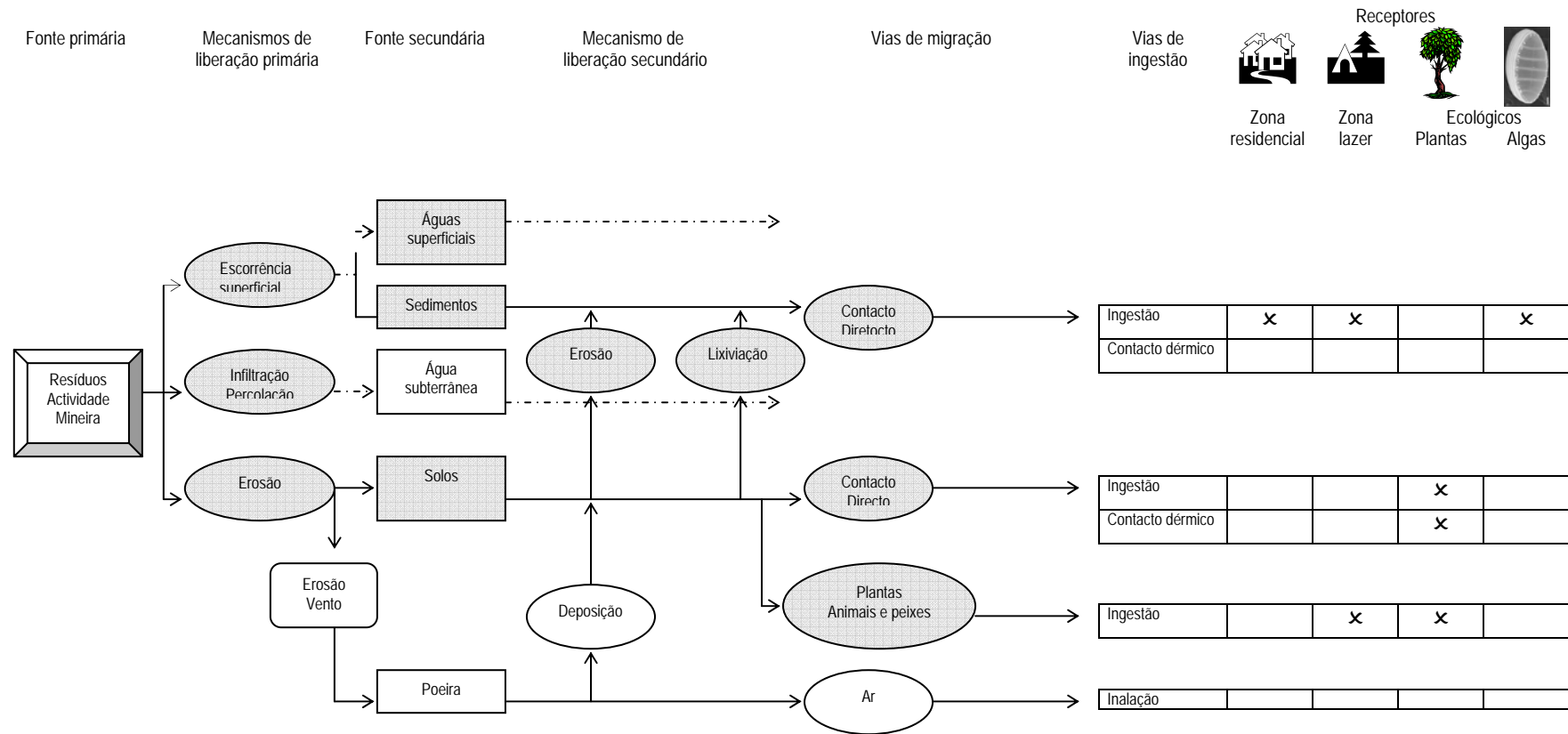
Modelo conceptual relativo a aspectos de risco ecológico e humano na região industrial, ao norte da Bacia hidrográfica do rio Caima, com base nos aspectos históricos da actividade Industrial, na sua avaliação actual e nos mecanismos envolvidos na migração dos elementos vestigiais.



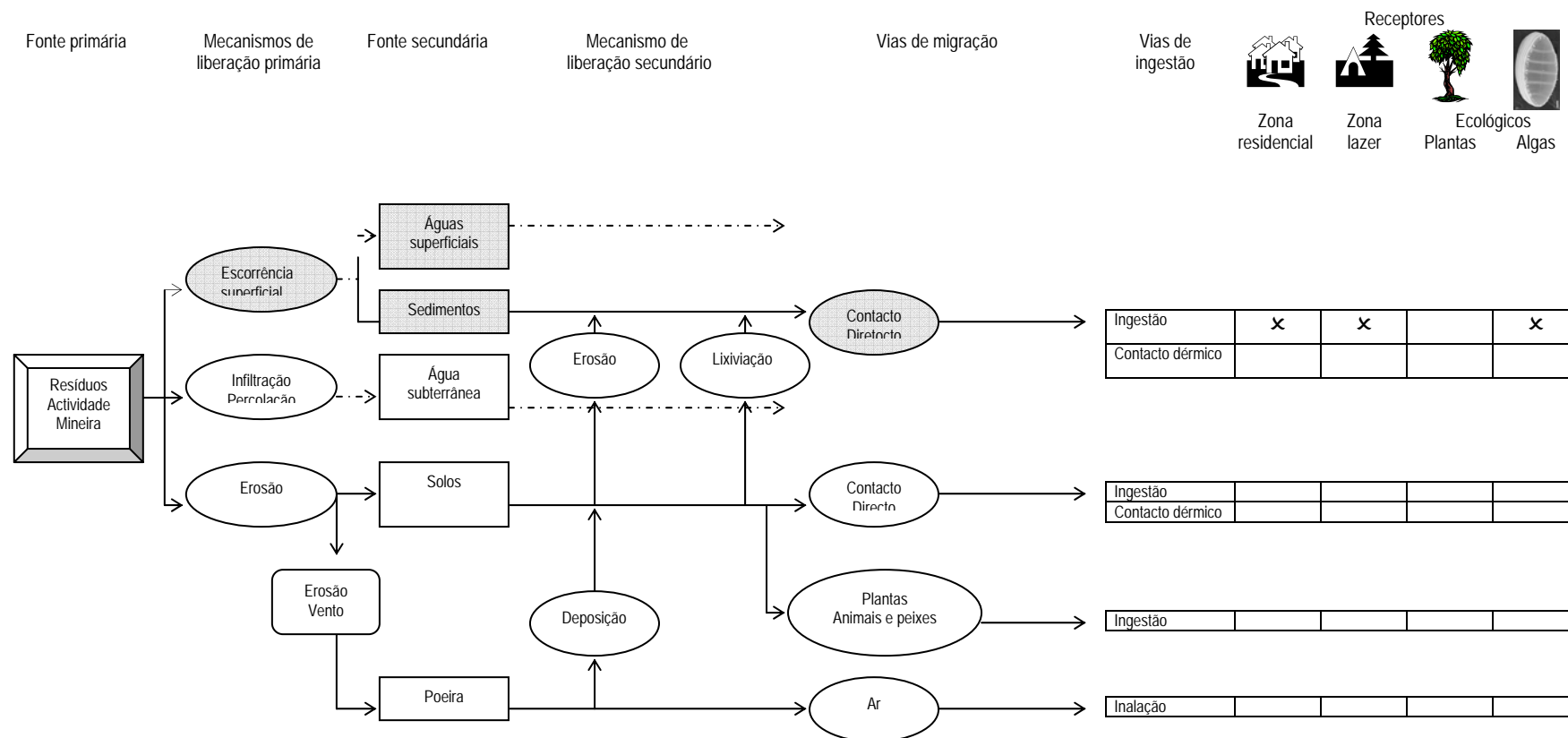
Modelo conceptual relativo a aspectos de risco ecológico e humano na região sul da Bacia hidrográfica do rio Caima, com base nos aspectos históricos das actividades exercidas na antiga mina do Palhal, na sua avaliação actual e nos mecanismos envolvidos na migração dos elementos vestigiais.



Modelo conceptual relativo a aspectos de risco ecológico e humano na região sul da Bacia hidrográfica do rio Caima, com base nos aspectos históricos das actividades exercidas na antiga mina do Coval da Mó, na sua avaliação actual e nos mecanismos envolvidos na migração dos elementos vestigiais.



Modelo conceptual relativo a aspectos de risco ecológico e humano na região centro da Bacia hidrográfica do rio Caima, com base nos aspectos históricos das actividades exercidas na antiga mina Braçal, na sua avaliação actual e nos mecanismos envolvidos na migração dos elementos vestigiais.



De acordo com a Resolução do Conselho de Ministros nº 38/95 de 21 de Abril de 1995, do Plano Nacional da Política de Ambiente, os problemas ambientais, resultantes da produção de resíduos urbanos e industriais são vários e complexos.

O Ministério do Ambiente, através do Decreto-lei nº 236/98, estabelece normas, critérios e objectivos de qualidade com a finalidade de proteger o meio aquático e melhorar a qualidade das águas em função dos seus principais usos. Outro importante elemento na preservação e melhor gestão dos recursos hídricos, diz respeito ao Decreto Regulamentar nº 15/2002, que aprova o Plano de Bacia Hidrográfica do Vouga. Este documento consiste num plano sectorial que, assentado numa abordagem conjunta e interligada de aspectos técnicos, económicos, ambientais e institucionais e envolvendo os agentes económicos e as populações directamente interessadas, tem em vista estabelecer de forma estruturada e programada uma estratégia racional de gestão e utilização da bacia hidrográfica do Vouga, em articulação com o ordenamento do território e a conservação e protecção do ambiente. Por outro lado, a Directiva nº 2000/60/CE, vulgarmente designada "Directiva Quadro da Água", estabelece um quadro de acção comunitária no domínio da política da água.

As medidas de âmbito legislativo para gestão de resíduos no âmbito da UE incluem directivas específicas nos domínios da embalagem e resíduos de embalagem, da incineração de resíduos, do controlo e reabilitação de locais contaminados e, ainda, no que diz respeito à atribuição de responsabilidade por danos causados. Portugal deverá ter papel activo na preparação de novos pacotes legislativos tendo em atenção a especificidade dos problemas nacionais. Dentro deste contexto, no âmbito dos resíduos, são objectivos prioritários:

- Prevenção para manutenção dos "ciclos de vida" dos materiais;
- Reutilização e reciclagem
- Tratamento e destino final adequado dos resíduos que não for possível reutilizar ou reciclar.

Neste estudo verificou-se que um dos problemas de maior destaque é a poluição detectada com origem nas antigas áreas mineiras. Após várias décadas de actividade mineira na zona estudada, constata-se que esta gerou um passivo ambiental muito significativo. As minas inactivas ou em fase de abandono caracterizam-se como sítios sensíveis em termos ambientais, na medida em que podem constituir fontes de impacto químico, físico e paisagístico para as áreas circundantes

(Machado Leite & Santos Oliveira, 2001). Dentro da temática da contaminação ambiental, vários estudos de investigação assim como iniciativas de esclarecimentos têm vindo a ser realizadas no País com o objectivo de alertar para o problema e para estabelecer medidas mitigadoras a médio e a longo prazo [NUNES, 1988; SANTOS OLIVEIRA & ÁVILA, 1994; SANTOS OLIVEIRA, et al., 1995; SANTOS OLIVEIRA, 1997; BARBOSA, 1999; FAVA, 1999; SANTOS OLIVIERA et al., 1999; SOUZA, 2000; COSTA, 2000; SALAZAR, et al., 2001; MACHADO LEITE & SANTOS OLIVEIRA, 2001; MATOS DIAS, 2001, MATOS & ROSA, 2001].

Um dos grandes problemas de carácter ambiental na zona em estudo prende-se com os volumes de resíduos produzidos, considerados a priori “inutilizáveis”, e que apresentam elevadas concentrações em elementos vestigiais, designadamente, Pb, Cd e As. Tendo em consideração as situações detectadas, no presente estudo, sugerem-se algumas medidas de reabilitação para as “áreas” consideradas como prioritárias das quais se destacam as escombreyras da Mina do Coval da Mó, da Mina do Palhal, e por fim, da Mina do Braçal.

Como possíveis acções de reabilitação, capaz de reduzir o impacto ambiental, principalmente das escombreyras da Mina do Coval da Mó, em particular a contenção dos mecanismos de dispersão dos seus materiais, sugerem-se as seguintes medidas baseadas na literatura (SANTOS OLIVEIRA, 2002; FAVAS, 1999; IBAMA, 1990; ACCIOLY & SIQUEIRA, 2000; ROHDES, (2000) :

Recomposição topográfica e paisagística da área da mina:

- a) contenção das escombreyras através do redimensionamento dos taludes das escombreyras;
- b) recolocação da camada fértil do solo, através de resíduos e subprodutos (lamas, sólidos urbanos, estrume) de constituintes conhecidos e que são usados como correctivos e que sejam de fácil obtenção na região (a habitual falta de “terra vegetal” implica um encarecimento importante dos custos de reabilitação);
- c) estabelecimento de uma cobertura vegetal (como consequência desta, a recuperação da fauna), que constitui uma das formas mais eficazes e de baixos custos do controle da erosão (métodos edáfico¹ e o vegetativo²) e, consequentemente, da dispersão dos contaminantes. Dentro do contexto da Biorremediação, é importante que se antecipem

¹ Inclui as medidas como nivelamento, canaletes, terraplenagem, curvas de nível, compactação, drenagem, fixação da camada fértil do solo para posterior utilização, aeração, etc...(ROHDES, 2000).

² Entendido como estabelecimento da cobertura vegetal através do plantio de gramíneas e leguminosas, árvores e arbustos (Rohdes, 2000).

acções de melhoria da estrutura e produtividade dos materiais superficiais das escombreyras, por meio da incorporação de aditivos que promovam o aumento da matéria orgânica (ex. turfa), um aumento do pH do solo (ex. calcário). A escolha das espécies adequadas é de fundamental importância. Estas espécies devem não só ter características agrónómicas que se adaptem às condições existentes, como devem ser representativas do agrupamento florístico da região. No caso de estudo devem ser aproveitadas as potencialidades colonizadoras reveladas pelas espécies que crescem sobre as escombreyras, nomeadamente, *Rubus ulmifolius*. As espécies *Holcus lanatus* (revelou tolerância ao Cd) e *Pinus pinaster* (revelou tolerância ao As), para além da tolerância demonstrada apresentam também a vantagem reconhecida de suportar uma baixa fertilidade do substrato.

Retenção das águas de escorrência

- a) através do desvio das escorrências;
- b) colocação de drenos interceptores, de modo a diminuir a escorrência superficial;
- c) manutenção dos canais de drenagem

Tendo-se em consideração as elevadas concentrações de metais pesados, presentes no material de escombreyras das áreas mineiras do presente estudo, é considerada impraticável a sua utilização em obras de engenharia, nomeadamente a sua aplicação como aterro para estradas.



CAPÍTULO 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

- Abreu, CA., Abreu, MF. & Berton, RS., 2002. Análise química de solos para metais pesados. In: Novais, R. F., Alvares, V. H. V. & Schaefer, C. E. G. R. Vol.II. Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo,, 2: 645-692.
- Accioly, AMA. & Siqueira, JO., 2000. Contaminação química e biorremediação do solo. In: Novais, R. F., Alvares, V. H. V. & Schaefer, C. E. G. R. Vol.I. Tópicos em Ciência do Solo. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 1: 299-352.
- Acero, P., Mandado, JMA., Gómez, J, Gimeno, MJ., Auqué, LF. & Torrijo, FJ., 2003. Environmental impact of heavy-metal dispersion in the Huerva River (Iberian Range, NE Spain). *Environmental Geology*, 43: 950-956.
- Adriano, DC., 1986. Trace elements in the terrestrial environment. Springer, New York: 533 pp.
- Africano, AP., 1988. Monografia da Indústria da Região Norte. Estatística e Estudos Regionais: 64pp.
- Aguado, BV., 1992. Geología estructural de la zona de cisalla de Porto-Tomar en la región de Oliveira de Azeméis-Serra da Arada. Tese de Doutoramento Universidad de Salamanca: 254pp.
- Aguado, BV., Arenas, R. & Martínez-Catalán, JR., 1993. Evolución metamórfica hercínica en la región de la Serra de Arada (Norte de Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 79: 41-61.
- Aguado, BV. & Martínez-Catalán, JR., 1994. Contribución para el conocimiento del Complejo Esquisto-Grauváquico de la región de Arouca (N de Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 80: 27-34.
- Allen, HE., 1993. The significance of trace metal speciation for water, sediments and soil quality criteria and standards. *Sci. Total Environ.*, Supplement 1993: 23-45.
- Allen, HE., Fu, G. & Deng, B., 1993. Analyses of acid-volatile sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the estimation of potential toxicity in aquatic sediments. *Environ. Toxicol. Chem.*, 12: 1441-1453.
- Almeida, FER., 1993. Técnica tripotenciais e feitos de orientação em polarização induzida. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro: 344pp.
- Almeida, SFP., 1998. Utilização das diatomáceas na avaliação da qualidade das águas doces. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. 526pp.
- Almeida, SFP., 2000. 'As diatomáceas e a qualidade das águas na bacia do Vouga'. *Revista Biol. (Lisboa)* 18: 157-165.
- Almeida, SFP., 2001. Use of diatoms for freshwater quality evaluation in Portugal. *Limnetica*, 20 (2): 205-213.
- Almeida, SFP., Pereira, MJ., Gil, MC. & Rino, MJ., 1999. Freshwater algae in Portugal and their use for environmental monitoring. Use of Algae for monitoring rivers III. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France: 10-16.
- Almeida, SFP. & Gil, MCP., 2000. As diatomáceas e a qualidade das águas na bacia do Vouga, In *Revista Biol. Lisboa*. 18: 157-165.
- Almeida, SFP. & Gil, MC., 2001. Ecology of Freshwater diatoms from the central region of Portugal. *Cryptogamie, Algol*, 22 (1): 109-126.
- Anuário do Ambiente, 1997. Estado do Ambiente. Forum Ambiente: 28-48.
- APHA, American Public Health Association, 1975. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, New York 14ª ed.
- Araújo, MA., Gomes, AA., Chaminé, HI., Fonseca PE., Gama Pereira, LC. & Pinto de Jesus, A., 2003. Geomorfologia e geologia regional do sector de Porto-Espinho (W de Portugal): implicações morfoestruturais na cobertura sedimentar cenozoica. *Cadernos Lab. Xeol. Laxe, A Coruña*, 28: 79-105.
- Archibald, REM., 1972. Diversity in Some South African Diatom Association and its relation to water quality. *Water Research*, 6: 1229 -1238.
- ASTM – American Society for Testing Materials. 1984. Annual Book of ASTM Standards. Water Environmental Technology. Vol. 11.01.
- Austin, A., 1983. Evaluation of changes in a large oligotrophic Wilderness Park Lake exposed to mine tailings effluent for 14 years: The periphyton. *Le Naturaliste Canadine. (Rev. Écol. Syst.)*, 110: 119-134.

Austin, A. & Deniseger, J., 1985. A comunidade de periphyton muda ao longo de um gradiente dos metais pesados ao longo de um lago estreito. *Environmental and Experimental Botany*, 25, (1): 41-52.

Ávila, PF. 1999. – Um caso de impacte ambiental relacionado com a actividade mineira no país exemplo da mina do Vale das Gatas. 6º Congresso Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, 1: 639-648.

Ávila, PF., 2003. Dispersão de elementos vestigiais na envolvente da mina abandonada do Vale das Gatas (Sabrosa, Norte de Portugal): implicações de ordem ambiental. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro: 221pp.

Ávila, PF., Santos Oliveira, JM., Ferreira da Silva, E. & Fonseca Cardoso, E., 2005. Geochemical signatures and mechanisms of trace elements dispersion in the area of the Vale das Gatas mine (Northern Portugal). *Journal of Geochemical Exploration*, 85: 17-29.

Azcue, J. M., Mudroch, A., Rosa, R., Hall, GEM., Jackson, TA & Reynoldson, T., 1995. Trace elements in water, sediments, porewater, and biota polluted by tailings from an abandoned gold mine in British Columbia, Canada. *Journal of Geochemical Exploration* 52: 25-34.

B

Badri, M. & Springuel, I. 1994. Biogeochemical prospecting in the south-eastern desert of Egypt. *Journal Arid Environment*, 28: 257-264.

Baker, AJM. & Brooks, RR., 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1: 81-126.

Barbosa, S., 1999. Resíduos Mineiros: Gestão e Minimização de Impactes Ambientais. 6º Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente, 3: 563-567.

Batista, MJAF., 1995. Caracterização geoquímica e cartografia regional de sedimentos de corrente do norte de Portugal. Dissertação de Mestrado em Geoquímica, Universidade de Aveiro: 198pp.

Beetsma, JJ., 1995. The late Proterozoic/Paleozoic and Hercynian crustal evolution of the Iberian Massif, N Portugal, as traced by geochemistry and Sr-Nd-Pb isotope systematics of pre-Hercynian terrigenous sediments and Hercynian granitoids. *Vrije Universiteit, Amsterdam*: 223pp.

Benetti, A. & Bidone, F., 2002. O meio ambiente e os recursos hídricos. In: Tucci, C. E. M. 3 ed. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. UFRGS. Porto Alegre. Brasil: 849-875.

Bennette, HD. 1969. Algae in relation to Mine Water. *CASTENEA. The Journal of the Southern Appalachian Botanical Club*, 34 (3): 306-328

Besch, WK., Ricard, M., Cantin, R., 1972. Benthic Diatoms as indicators of mining pollution in the Northwest Miramichi river system, New Brunswick, Canada. *Hydrobiologia* 57: 39-74

Borg, F. & Hedlund, M., 2001. Geochemical Study of an Old Mining Area in the District of Aveiro, Portugal. Master's Thesis. Lulea University of Technology: 62pp.

Bourelly, P. 1981. Les algues d'eau douce. Tome II: Algues jaunes et brunes. Boubée Ed. & Cie Paris: 517pp.

Bourg & Loch., 1995. "Mobilization of Heavy Metals as Affected by Ph and Redox Conditions". In W. Salomons e W. Stigliani (Eds.) *Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Risk Assessment of delayed and Non-Linear Responses*, Springer-Verlag. Berlin: 87-101.

Bremond, R. & Vuichard, R., 1981. Paramètres de la qualité des eaux. S. P. E. P. E., Paris: 460pp.

Brooks, R.R., 1983. *Biological Methods of Prospecting for Minerals*. Wiley-Interscience, New York: 313pp.

Brower, JE., Jerrold, HZ. & Carl, N. Von Ende., 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*, 4th ed: 273 pp.

Brown, AJ., 1999. Soil sampling and sample handling for chemistry analysis. In: Peverill, K. I., Sparrow, L. A. & Reuter, D. J., eds. *Soil analysis: an interpretation manual*. Melbourne, CSIRO Publishing: 35-53.

Brum Ferreira, A., 1978. Planaltos e montanhas do Norte da Beira: estudo de geomorfologia. *Memórias Centro Estudos Geográficos, Lisboa*, 4: 374pp.

C

- Cabral, J., 1995. Neotectónica em Portugal Continental. Mem. Inst. Geol. Min., Lisboa, 31: 256pp.
- Cabral, JAN., 1858. Relatório acerca das minas do Braçal, Palhal, Carvalhal e Pena, no distrito administrativo de Aveiro. Bol. Minist. Obras Públic. Comérc. Ind., 12: 722-805.
- Caeiro, S., Costa, MH., Ramos, TB., Fernandes, N., Coimbra, A., Medeiros, G. & Painho, M., 2005. Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: an index analysis approach. *Ecological Indicators*, 5: 151-169.
- Calado, AJBFM., 1990. Fundamentação for the application of the Saprobity Sistem to the freshwater algae of central Portugal. Dissertation elaborated for partial fulfilment of the requiriments to become assistant lecturer, Departament of Biology, University of Aveiro: 68pp.
- Caldas, FB., 1988. Caracterização biológica da qualidade da água do rio Tejo por meio das comunidades bentónicas de diatomáceas. In: 1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente. Universidade de Aveiro. C. Borrego et al. (eds.) 1: 148-155.
- Calmano, W. & Förstner, U., 1983. Chemical extraction of heavy metal in polluted river sediments in central Europe. *Science of Total Environment*, 28: 77-90.
- Campos, AN., Bidone, ED. & Castilhos, ZC., 2001. Estabelecimento de índice de risco ecológico potencial para metais pesados na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. In: Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa, XII Semana de Geoquímica. Universidade do Algarve, Faro: 730-732.
- Cardoso Fonseca, EM. 1981. Géochimie de surface de minéralisations sulfurées en milieux silico-alumineux et carbonaté (Portugal). Contribution à l'étude des mécanismes de dispersion du Pb et du Zn para voie chimique sélective. Tese de Doutoramento, Universidade Católica de Lovaina: 224pp.
- Cardoso Fonseca, EM. & Serrano Pinto, M., 1977. O uso do limiar de anomalia em prospecção geoquímica: visão geral e alguns comentários. *Comunicações dos. Serviços Geológicos de Portugal*, 62: 335-359.
- Cardoso Fonseca EM., Araújo JR., Hall, A. & Lucas MF., 1984. Variação Sazonal do Cu, Zn e Pb na Bacia Hidrográfica do rio Vouga: Implicação em prospecção geoquímica. *Memória e Notícias, Publicação Museu Lab. Mineralogia Geologia, Universidade Coimbra*, 98: 101-123.
- Cardoso Fonseca, EM., Ferreira da Silva, E., Mangualde Barradas, J., Reis, A., Patinha, C. & Moreno, F., 1996. Impacto ambiental e actividade antrópica: exemplo temático. *Geociências. Revista da Universidade de Aveiro*, 10(2): 129-141.
- Cardoso Franco, EP., 1989. Comportamento do ferro e do alumínio em solução aquosa. Diagrama de Equilíbrio. Instituto de Investigação Científica Tropical, ISSN 0870 – 001X. Lisboa: 207pp.
- Carrington da Costa, J., 1950. Notícia sobre uma carta geológica do Buçaco, de Nery Delgado. Direcção-Geral de Minas e Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa. 27pp.
- Carvalho AD., 1971. Minas de cobre e de chumbo entre o Caima e o Alfusqueiro. I Congresso Hispano-Luso-Americano de Geologia Economia, Tomo I, Seccion 4: 496-507.
- Carvalho Cardoso J., 1965. Os solos de Portugal – sua classificação, caracterização e génese. I-A sul do rio Tejo. Direcção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa: 311pp.
- Carvalho, FL., 1913. Diatomáceas da Guarda. Separata da Revista da Universidade de Coimbra. I (2, 3 e 4): 117pp.
- Cassati, V., 1994. Elementos de geomorfologia. Ed. UFG: 137pp.
- Castro, CDM., 2004. Utilização das diatomáceas na qualidade das águas do rio Pavia – Região Norte Centro de Portugal Continental. Tese de Mestrado, Universidade do Porto: 90pp.
- Catalan Lafuente, JG., 1981. Química del agua. Bellisco, Madrid: 423pp.
- Cattaneo, A., Couillard, Y., Wunsam, S., Courcelles, M., 2004. Diatom taxonomic and morphological changes as indicators of metal pollution and recovery in Lac Dufault (Québec, Canada). *Journal of Paleolimnology*, 32: 163-175.
- CBSQG: MacDonald, DD., Ingersoll, CG. and Berger, TA., 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives Environmental Contamination Toxicology*, 39: 20-31.
- Cemagref. 1982. Étude des méthodes biologiques quantitatives d'appréciation de la qualité des eaux. Rapport Division Qualité des Eaux Lyon – Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, Pierre – Bénite: 218pp.

- Cemagref., 1984. Opération Seine rivière propre. Evaluation de la qualité hydrobiologique: poissons-diatomées. Rapport Agence de l'Eau Seine-Normandie/Conseil Régional Ile-de-France: 35 pp+ anexes.
- Cerqueira da Silva MM., 1994. Estudo da relação entre perífiton e a qualidade da água do Rio Paiva. Acta da 4ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, I: 156-174.
- Chaminé HI., Rocha FT., Delgado H., Gomes, C., Fonseca, MM., Moço LP., Flores D., Fonseca, PE., Gama Pereira, L. C. & Pinto de Jesus, A., 2003c. Dickite and Kaolinite as markers of hydrothermal and metasomatic interactions along major shear zones of the Iberian Variscan Belt (West Portugal): geotectonic implications. In: Abstracts, EUROCLAY'2003, 10th Conference of the European Clay Groups Association, Modena, Italy: 62-63.
- Chaminé, HI., 2000. Estratigrafia e estrutura da faixa metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha (Zona de Ossa-Morena): implicações geodinâmicas. Tese de Doutoramento da Universidade do Porto: 497 pp, 2 anexos, 3 mapas.
- Chaminé, HI., Ribeiro, A. & Pereira, E., 1995. Cartografia geológica e estratigrafia da faixa precâmbrica do sector Espinho-Albergaria-a-Velha (ZOM). In: Sodré Borges, F. & Marques, M. (coords.), Memórias Museu Laboratório Mineralogia Geologia Faculdade Ciências Universidade Porto, 4: 329-333.
- Chaminé, HI., Martins Carvalho, J. & Fonseca, PE., 1999. O ramo oeste do carreamento de S. João-de-Ver: estudos de cartografia estrutural e de hidrogeologia no sector de Santiago de Riba-Ul-Oliveira de Azeméis (faixa metamórfica de Espinho-Albergaria-a-Velha, NW de Portugal). Geólogos, Revista da Universidade do Porto, 5: 57-65.
- Chaminé, HI., Fonseca, PE., Rocha, FT., Moço, LP., Fernandes, JP., Gama Pereira, LC., Gomes, C., Lemos de Sousa, MJ. & Ribeiro, A., 2000. Unidade de Albergaria-a-Velha (faixa de cisalhamento de Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo): principais resultados de um estudo geológico pluridisciplinar. Geociências, Revista da Universidade de Aveiro, 14 (1/2): 49-60.
- Chaminé, HI., Gama Pereira, LC., Fonseca, PE., Noronha, F. & Lemos de Sousa, MJ., 2003a. Tectonoestratigrafia da faixa de cisalhamento de Porto-Albergaria-a-Velha-Coimbra-Tomar, entre as Zonas Centro-Ibérica e de Ossa-Morena (Maciço Ibérico, W de Portugal). Cadernos Laboratório Xeológico de Laxe, Coruña, 28: 37-78.
- Chaminé, HI., Gama Pereira LC., Fonseca PE., Moço LP., Fernandes JP., Rocha FT., Flores D., Pinto de Jesus A., Gomes C., Soares de Andrade AA. & Araújo, A., 2003b. Tectonostratigraphy of middle and upper Palaeozoic black shales from the Porto-Tomar-Ferreira do Alentejo shear zone (W Portugal): new perspectives on the Iberian Massif. Geobios, 36, 6: 649-663.
- Chaminé, HI.; A. Gomes, J. Teixeira, PE. Fonseca, A. Pinto de Jesus, LC. Gama Pereira, AA. Soares de Andrade, MA. Araújo, JP. Fernandes, LP. Moço, D. Flores & FT. Rocha, 2004. Geologia, geomorfologia e estratigrafia dos domínios estruturais de Carveiro-Caldas de S. Jorge e de Arrancada do Vouga-Águeda (faixa de cisalhamento de Porto-Tomar, NW de Portugal): implicações paleogeográficas. Cadernos Laboratório Xeológico de Laxe, A Coruña, 29: 299-330.
- Chaminé, HI.; Fonseca, PE.; Pinto de Jesus, A.; Gama Pereira, LC.; Fernandes, JP.; Flores, D. Moço, LP.; Dias de Castro, R.; Gomes, A.; Teixeira, J.; Araújo, MA.; Soares de Andrade, AA.; Gomes C. & Rocha, FT., 2007. Tectonostratigraphic imbrications along strike-slip major shear zones: an example from the early Carboniferous of SW European Variscides (Ossa-Morena Zone, Portugal). In: Theo E. Wong (Ed.), XVth International Congress on Carboniferous and Permian Stratigraphy (Utrecht, 2003). Royal Dutch Academy of Arts and Sciences, Amsterdam, Edita NKAW: 405-416.
- Chao, TT. & Sanzolone, RF., 1992. Decomposition techniques. Journal of Geochemical Exploration, 44 (1-3): 65-106.
- Chapman, PM., Wang, F., Adams, WR. & Green, A., 1999. Appropriate as of sediment quality values for metals and metalloids. Environmental Science and Technology, 33: 3937-3941.
- Chaussepied, M., 1977. Manuel des Methods de Prélèvement et d'Analises: Caractéristiques Physicochimiques et Hydrobiologiques', Vol. 1. Réseau National d'Observations de la Qualité du Milieu Marine. Brest.
- Chon, HT., Cho, CH., Kim, KW & Moon, HS., 1996. The occurrence and dispersion of potentially toxic elements in areas covered with black shales and slates in Korea'. Applied Geochemistry, 11: 69-76.
- Costa, CN., 1988. Estudo Geológico de Impacto Ambiental. 1ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, 2: 513-521.
- Costa, LR. & Leite, MM., 2000. A recuperação ambiental de áreas mineiras degradadas nas políticas de integração da indústria e ambiente do Ministério da Economia. Boletim de Minas do Instituto Geológico e Mineiro, 37 (3):167-171.

- Coste, M., 1978. Sur l'utilisation des diatomées benthiques pour l'appréciation de la qualité biologique des eaux courantes. Méthodologie comparée et approche typologique. Thèse Fac. Sci. Techn.: 143pp.
- Coste, M., 1986. Les méthodes microfloristiques d'évaluation de la qualité des aux. Cemagref, Bordeaux: 15 pp + 46 annexe.
- Coste, M., 1992. CO.CA.IN. Version 1.3. Comptages et calculs d'indices diatomiques. Cemagref : 25 pp + annexe.
- Coste, M. & Ector, L., 2000. Diatomées invasives exotiques ou rares en France : principaux observations effectuées au cours des dernières décennies, In Systematics and Geography of Plants, France, 70: 373-400.
- Craveiro, SCF. & Santos, LMA., 1997. Variation of river flow through a small reservoir: The effect on phytoplankton assemblages. Bol. Soc. Brot., 2 (68): 129-157.
- Craveiro, SC.; Calado, AJ. & Graça, MAS. 2002. Essai D'Aplication de L'IBD Aux Communautés Prélevées Sur un Substrat artificiel (Plastique) dans le cours inférieur du fleuve Vouga (Portugal).In : Résumés. 21^{ème} Colloque de l'ADLaF. Association des Diatomistes de Langue Française. Nates. p. 9.
- CSST, 2003. Consensus-Based Sediment Quality Guidelines. Recommended for use and application. Interium Guidance. Wiscosin, Department of Natural Resources, WT-732 2003: 35 pp.
- Cunha, FG., Paoliello, MM., Figueiredo, BR.& Capitani, ME., 2001. Avaliação da contaminação humana por chumbo, na região do Alto Vale do Ribeira, nos estados de São Paulo e Paraná, Brasil. VI Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. XII Semana de Geoquímica, Faro, Portugal: 725-726.
- Cunningham, SD. & OW, DW., 1996. Promises and prospects of phytoremediation. Plant Physiology, 110: 715-719.

D

- Darnley, AG., Björklund, A., Bolviken, B., Gustavsson, N., Koval, P., Plant, JA., Stenfelt, A., Tauchid, M. & Xie Xuejing. 1995. A global geochemical database for environmental and resource management. UESCO, Earth Sciences, 19: 122 p.
- Darnley, A. & Garrett, RG., 1990. International Geochemical Mapping special Issue. (eds) Journal of Geochemical Exploration, 39.
- Daveau, S. 1980. Dois mapas climáticos de Portugal: nevoeiro e nebulosidade, contrastes térmicos. Relatório nº 8. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa. 51 pp.
- Davies, BE.,1990. Lead. In: Alloway, B.J. (Ed.), Heavy Metals in Soils. Blackie, London: 58-102.
- Davis, JC., 1973. Statistics and data analysis in geology. John Willy: 550pp.
- Davis, JC., 1986. Statistics and data analysis in geology. John Willy: 646pp.
- De Nicola, DM., 2000. A review of diatoms found in highly acid environments. Hydrobiologia, 433 (1-3): 111-122.
- Deacon, JR. & Driver, NE. 1999. Distribution of trace elements in streambed associated with mining activities in the upper Colorado river basin, Colorado, USA. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 37: 7-19.
- Decreto de Lei nº. 236/98. Diário da República nº. 176/98, I^ª. Série A de 1 de Agosto de 1998: 3676 – 3721.
- Decreto Regulamentar nº 15/2002. Diário da República. I Série - B, Nº 62 de 14 de Março de 2002. Plano de Bacia Hidrográfica do Vouga. Parte 1. Capítulo 4: 2360.
- Decreto-Lei nº 74/90 – Diário da República nº 55, I Série de 7 de Março de 1990; 981 – 1024 pp.
- Del Valls, TA., Forja, JM., & Gómez-Parra, A., 1998. Integrated assessment of sediment quality in two littoral ecosystems from the Gulf of Cádiz, Spain. Environmental Toxicological Chemistry, 17: 1073-1084.
- Delgado, JFN., 1905. Contribuição para o estudo dos terrenos paleozoicos. Commun. Commiss. Serviços Geológicos Portugal, Lisboa, 6: 56-122.
- Deniseger, J., Austin, A., Lucey, WP., 1986. Periphyton communities in a pristine mountain stream above and below heavy metal mining operations. Freshwater Biology, 16: 209-218.
- Descy, JP., 1973. La végétation algale benthique de la Meuse Belge et ses relations avec la pollution des eaux. Lejeunia (66) : 1-62.

- Descy, JP., 1979. A New Approach to Water Quality Estimation Using Diatoms. *Nova Hedwigia. Beiheft.*, 64: 305-323.
- Descy, JP., 1984. Écologie et distribution de diatomées benthiques dans le bassin belge de la Meuse. *Inst. Royal Sciences Nat. Belg. Documents de Travail*: 24pp + estampas.
- Descy, JP. & Coste, M., 1988. Utilisation des diatomées benthiques pour l'évaluation de la qualité des eaux courantes. Premier, Deuxième et Troisième Rapports D'Avancement. UNECED-CCE B-71-23 :24 pp + annexes.
- Descy, JP. & Ector, L. 1997. Use of diatoms for monitoring rivers in Belgium and Luxemburg. Use of Algae for monitoring rivers III. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France: 128-137.
- DGA – Direcção Geral do Ambiente., 2001. Controlo da qualidade da água para consumo humano em 2000. Alfragide: 51 pp.
- DGMSG – Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, 1946. Minas concedidas no Continente desde Agosto de 1836 a Junho de 1946. Lista cronológica e índice alfabético. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa. (F. Garcia, Coord.): 164pp.
- DGMSG – Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, 1962. Minas concedidas no Continente desde Agosto de 1836 a Dezembro de 1962. Lista cronológica e índice alfabético. Direcção Geral de Minas e Serviços Geológicos, Lisboa 2ª Ed., 261pp.
- DGRAH, 1981. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos de Portugal. Índice hidrográfico e classificação decimal dos cursos de águas de Portugal. Ministério de Habitações e Obras Públicas. Lisboa.
- Dias, R. & Ribeiro, A. 1993. Porto-Tomar shear zone, a major structure since the beginning of the variscan orogeny. *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro.*, Lisboa, 79: 31-40.
- Dias, SAM., Oliveira, SMS., 2001. Contribuição para a Caracterização Hidrogeoquímica da Bacia do Rio Caima. Relatório de final de Curso. Departamento de Geociências Universidade de Aveiro.
- Dickman, MD., 1998. Benthic marine diatom deformities associated with contaminated sediments in Hong Kong. *Environment International*, 24 (7): 749-759.
- Dinelli, E. & Lombini, A., 1996. Metal distributions in plants growing on copper mine spoils in Northern Apennines, Italy: the evaluation of seasonal variations. *Applied Geochemistry*, 11: 375-385.
- Directiva 2000/60/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. L 327 de 22 de Dezembro de 2000: 72.
- Directiva 91/271/CEE do Conselho. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. L 135 de 30 de Maio de 1991: 40-93.
- Directiva 91/676/CEE do Conselho. *Jornal Oficial da Comunidade Europeia*. L 375 de 12 de Dezembro de 1991: 1
- Directiva 98/15/CE da Comissão. *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*. L 67 de 7 de Março de 1998: 29
- Domingues, H., Monteiro, OR., Pedra, F., Amaro, JT. & Gusmão, MR., 2002. Aplicação de lamas residuais urbanas em solos agrícolas. Síntese dos estudos desenvolvidos no Departamento de Ciências de Solo, da Estação Agronómica Nacional – INIA. In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo. (Eds. Especial). *Revista de Ciência Agrárias*. Lisboa, Portugal, XXV (3-4): 41-352.
- Dominik, J., Mangini, A., Prosi, F., 1984. Sedimentation rate variation and anthropogenic metal fluxes into Lake Constance sediments. *Environmental Geology*, 5: 151-157.
- DRARNC – Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais do Centro, 1995. Conselho de Bacia do Vouga. 4º Reunião. Sever do Vouga.
- Dute, RR. & Estes, A., 1994. Valve abnormalities in diatom clones maintained in long-term culture. *Diatom Research*, 9 (2): 249-258.

E

- Ebbs, SD. & Kochian, LV., 1998. Phytoextraction of zinc by Oat (*Avena sativa*), Barley (*Hordeum vulgare*), and Indian Mustard (*Brassica juncea*). *Environmental Science & Technology*, 32: 802-806.
- Ebbs, SD., Lasat, MM., Brady, DJ., Cornish, J., Gordon, R. & Kochian, LV., 1997. Phytoextraction of cadmium and zinc from a contaminated soil. *Journal Environmental Quality*, 26: 1424-1430.

Eichenberger, E., 1986. The Interrelation between Essentiality and Toxicity of Metals in the Aquatic Ecosystem. In: Sigel H. Metal Ions in biological systems, 20. Concepts on Metal Ion Toxicity. H. Sigel (ed.) Marcel Dekker, Inc, New York: 67-100.

Eloranta, P & Soininen, J. 2001. Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatom communities. *Journal of Applied Phycology*, 14: 1-7.

Eloranta, P., 1995. Type and quality of river water in central Finland described using diatom indices. Proceedings of the Thirteenth International Diatom Symposium, Maratea, Italy, 1st – 7th September 1994. D. Marion & M. Montresor (eds.) Biopress Limited, Bristol: 271-280.

EPA – Environmental Protection Agency, 1982. Handbook for Sampling and Sample Preservation of Water and Wastewater (EPA/604/4-82/029), United States Environmental Agency: 402pp.

Ernst, WHO., 1990. Mine vegetation in Europa. In A. Jonathan Shaw (Ed.) Heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (chapter 3). Boca Raton, Florida: CRC Press. Inc: 21-37.

European Sediment Research Network – SedNet, 2003. The opinion of SedNet on environmentally, socially and economically viable sediment management: 8 pp.

F

Fairey, R., Long, E.R.; Roberts, C.A.; Anderson, B.S.; Phillips, B.M.; Hunt, J.W.; Puckett, H.R. & Wilson, C.J. 2001. An evaluation of methods for calculating mean sediment quality guideline quotients as indicators of contamination and acute toxicity to amphipods by chemical mixture. *Environmental Toxicological Chemistry*, 20: 2276-2286.

Falcitore, A. & Bowler, C., 2002. Revealing the molecular secrets of marine diatoms. *Annual Rev. Plant. Biology*, 53: 109-130.

FAO, 1998. Soil map of world. Roma, World Reference Base for Soil Resources: 91pp.

Favas, PJC., 1999. Impacte Ambiental de Minas Abandonadas "O exemplo das Minas de Vale das Gatas (Sabrosa – Vila Real)". Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra: 542pp.

Favas, PJC., 2002. Restrições ao uso agrícola de solos na envolvente de uma mina abandonada (Mina de Vale das Gatas, Sabrosa, Vila Real). In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solos. Revista de Ciência Agrária, XXV (3-4): 280-292

FBO., 2002. FOB Consultores S.A. SIMRIA - Saneamento Integrado dos Municípios da Ria, SA : "Sistemas Multimunicipais de Saneamento da Ria de Aveiro. Ampliação". Estudo Prévio. 2º Relatório. Parte D - Subsistema de Ossela. Relatório 42010-02D: 96pp.

FBO., 2000. Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro Ampliação a Norte, Este e Sul. Estudo de Concepção Geral. Relatório 43180021: 107 pp.

Fernández, F.J., Chaminé, H.I., Fonseca, P.E., Munhá, J.M., Ribeiro, A., Aller, J., Fuertes-Fuentes, M. & Borges, F.S., 2003. HT-fabrics in a garnet-bearing quartzite from Western Portugal: geodynamic implications for the Iberian Variscan Belt. *Terra Nova*, 15 (2): 96-103.

Fernando, M.J., Dias, M.C. & Nogueira, J.P. 2001. Minas de Urânio e mortalidade por neoplasias malignas em Portugal: Uma associação possivelmente causal. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge, Lisboa: 32 pp.

Ferreira da Silva, E.A., 1995. Geoquímica de elementos maiores e vestigiais em sistemas perturbados. Contribuição para a caracterização ambiental do concelho de Águeda utilizando meios amostrais diferenciados. Tese de Doutoramento, em Geociências, Universidade de Aveiro: 386 pp.

Ferreira da Silva, E.A., Patinha, C. & Cardoso Fonseca, E., 1997. Identificação das fases-suportes do Cu, Zn e Pb em amostras de sedimentos utilizando a extracção química sequencial. Estudo comparativo em contexto antrópico diferenciados (Águeda – Portugal). I Congresso Ibérico de Geoquímica e VII Congresso de Geoquímica de Espanha. Soria, Livro de Actas, Cedex Ed.: 183-189.

Ferreira, A.M., 1993. Uso de sedimentos de corrente (amostragem de baixa densidade) na caracterização geoquímica das bacias dos rios Vouga e Mira. Implicações em Cartografia Geoquímica Regional. Dissertação de Mestrado em Geoquímica, Universidade de Aveiro: 138pp.

Ferreira, AMPJ., 2000. Dados Geoquímicos de Base de Sedimentos Fluviais de Amostragem de Baixa Densidade de Portugal Continental: Estudo de Factores de Variação Regional. Tese de Doutoramento em Geociências, Universidade de Aveiro: 202pp.

Ferreira, MT., 1991. Use of algae for monitoring rivers in Portugal. In: Whitton, B. A., Rott, E., Friedrich, G. (eds) Use of Algae for Monitoring Rivers. Proceedings of an International Symposium in Dusseldorf, Germany, 26-28 May 1991. Univ. Innsbruck: 145-150.

Ferreira, N., Iglésias, M., Noronha, F., Pereira, E., Ribeiro, A. & Ribeiro, ML., 1987. Granitóides da Zona Centro-Ibérica e seu enquadramento geodinâmico. In: Bea, F., Carnicero, A., Gonzalo, J. C., López Plaza, M. & Rodríguez Alonso, M. D., Eds, *Geología de los granitoides y rocas asociadas del Macizo Hespérico*, Libro de Homenaje a L. C. García de Figuerola, Editorial Rueda, Madrid: 37-51.

Fiano, I. & Salmeron, MT., 1988. Recogid y conservation de muestras. (in *Aguas Subterráneas: medida e toma de muestras*). Prese XXI SA.: 387pp.

Field, LA., MacDonald, DD., & Norton, SB., 1999. Evaluating sediment chemistry and toxicity data using logistic regression modelling. *Environmental Toxicological Chemistry* 18(6): 1311-1322.

Field, LA., MacDonald, DD., Norton, SB., Ingersoll, CG., Severn, CG., Smorong, D. & Lindskoog, R. 2002. Predicting amphipod toxicity from sediment chemistry using logistic regression models. *Environmental Toxicological Chemistry* 21(9): 1993-2005.

Fisher, NS. & Froud, D., 1980. Heavy Metals and Marine Diatoms: Influence of Dissolved Organic Compounds on Toxicity and Selection for Metal Tolerance Among four Species. *Marine Biology*, 59: 85-93.

Fonseca, EC., Araújo JR., Hall A. e Lucas MF., 1984. Variação Sazonal do Cu, Zn e Pb na Bacia Hidrográfica do rio Vouga: Implicação em prospecção geoquímica. *Memória e Notícias, Publicação Museu Laboratório Mineralogia Geologia da Universidade de Coimbra*, 98: 101-123.

Förstner, U., 1977. Metal concentrations in freshwater-sediments-natural background and cultural effects. In: *Interations in Between Sediments and Fresh Water*. H.L. Golterman (Ed.), Junk, The Hague: 94-103.

Förstner, U., 1979. Metal transfer between solid and aqueous phases. In: *Metal pollution in the aquatic environmental*. (Eds: Förstner, U, Wittmann, G. T. W) Springer-Verlag, Berlin: 488 pp.

Förstner, U., 1986. Metal Speciation in Solid Wastes – Factors Affecting Mobility. *Lecture Notes in Earth Sciences*, In: *Speciation of Metals in Water, Sediment and Soil Systems – Proceedings of an International Workshop*, Bhattacharji, S., Friedman, G.M., Neugebauer, H.J. & Seilacher, A. (Eds.) Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 11: 13-41.

Förstner, U. & Salomons, W., 1980. Trace metal analysis of polluted sediments. Part I - Assessment of sources and intensities. *Environmental Technology*, 1 (11): 494-505.

Förstner, U. & Wittmann, GTW., 1981. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Second Revised Edition. Springer-Verlag, Berlin.

Franco Cardoso, EP., 1989. Comportamento do ferro e do alumínio em solução aquosa. *Diagramas de equilíbrios*. Centro de Estudo de Pedologia. Ministério da Educação Instituto de Investigação Científica Tropical. Lisboa.

Franco, JA., 1971. *Nova Flora de Portugal (Continente e Açores) Vol. I* Lisboa.

Freitas, H., Prasad, MNV., & Pratas, J., 2004a. Analysis of sepiophytes from northeast of Portugal for trace metal accumulation – relevance to the management of mine environment. *Chemosphere*, 54: 1625-1642.

Freitas, H., Prasad, MNV., & Pratas, J., 2004b. Plant community tolerant to trace elements growing on the degraded soils of São Domingos mine in the south east of Portugal: environmental implications. *Environment International*, 30: 65-72.

G

Gama Pereira, LC., 1987. Tipologia e evolução da sutura entre a Zona Centro Ibérica e a Zona Ossa Morena no sector entre Alvaiázere e Figueiró dos Vinhos (Portugal Central). Tese de Doutoramento da Universidade de Coimbra: 331 pp.

- Gama Pereira, LC., 1998. A faixa de cisalhamento Porto-Tomar no sector entre o Espinhal e Alvaiázere (Portugal Central). In: Chaminé, H. I., Dias, A. G., Ribeiro, M. A. & Borges, F. S., Coords, 4ª Conferência Anual GGET'98. Geólogos, Rev. Univ. do Porto, 2: 23-27.
- Gamito, P., 2002. Escolha da técnica mais eficaz para a preservação da erosão em taludes utilizando um sistema de apoio à decisão. In: 1º Congresso nacional das ciências do solo. (Eds. Especial). Revista de Ciência Agrárias. Lisboa, Portugal, XXV (3-4): 293 – 303.
- Gélabert, A., Pokrousk, OS., Reyuant, C., Schott, J. & Boudou, A., 2006. A surface complexation model for cadmium and lead adsorption onto diatom surface. *Journal of Geochemical Exploration*, 88: 110-113.
- Gensemer, RW., Smith, REH., Duthie, HC., & Schiff, SL., 1993. pH Tolerance and Metal Toxicity in Population of the Planktonic Diatom *Asterionella*: Influences of Synthetic and Natural Dissolved Organic Carbon. *Canadian Journal Fish. Aquatic Sciences*, 50: 121-132.
- Genter, RB., 1996. Ecotoxicology of Inorganic Chemical Stress to Algae. In: *Algal Ecology. Freshwater Benthic Ecosystems*. R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe (eds.) Academic Press, New York: 403-468.
- Genter, RB., Cherry, DS., Smith, EP. & Cairns, JJr., 1987. Algal-periphyton population and community changes from zinc stress in stream mesocosms. *Hydrobiologia*, 153, 261-275.
- Genter, RB. & MR. Lehman., 1999. Metal toxicity inferred from algal population density, heterotrophic substrate use, and fatty acid profile in a small stream. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19: 869-878.
- Genter, RB., Cherry, DS., Smith, EP., & Cairns, JrJ., 1987. Algalperiphyton population and community changes from zinc stress in stream mesocosms. *Hydrobiologia*, 153: 261-75.
- Germain, H., 1981. Flore des Diatomées. Diatomophycées eaux douces et saumâtre du Massif Armoricaín et des contrées voisines d'Europe occidentale. Société Nouvelle des Éditions Boubée, Paris: 444 pp.
- Giannini, PC., & Riccomini, C., 2000. Sedimentos e processos sedimentares. In: *Decifrando a Terra*. Teixeira. W. (Ed.), São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, Oficina de textos: 169pp.
- Gil, MC., 1989. Novidades para a flora Diatomológica de Portugal I. *Port. Acta Biolo.*, (B) 15: 259-273.
- Gil, MC., 1988. Estudo ecológico das Diatomáceas dos rios Águedão e Alfusqueiro. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para obtenção do grau de doutor em Biologia. Departamento de Biologia. Universidade de Aveiro: 389 pp + anexos + 14 estampas.
- Gil, MC., & Rino, J.A., & Nicolau, FC., 1989-90. Estudo Ecológico das Diatomáceas dos Rios Águeda, Agadão e Alfusqueiro, flora primavera. *Revista Biologia da Universidade Aveiro*, 3: 97-137.
- Gil, MCP. & Almeida, SFP., 1993. Colonização de Substratos Artificiais: Diatomáceas Perifíticas. *Bol. UCA Universidade Algarve, UCTRA* 1: 543-557.
- Girão, AA., 1922. Bacia do Vouga: estudo geográfico. Tese de Doutoramento da Universidade de Coimbra: 190pp.
- Gjerde, DT., 1986. *Handbook of Ion Chromatography*. Dionex Corporation, Sunnyvale.
- Gold, C., 2002. Étude des effets de la pollution métallique (Cd/Zn) sur la structure des communautés de diatomées périphtiques des cours d'eau. Thèse Docteur. L'Université Bordeaux 1, France: 175pp.
- Gold, C., Feurtet-Mazel, A., Coste, M. & Boudou. 2000. Effects of metallic pollution (Cd, Zn) on the periphytic diatoms communities using outdoors experimental streams. Poster contribution at the 3rd Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) World Congress, 21-25 May 2000. Brighton, United Kingdom.
- Gold, C., Feurtet-Mazel, A., Coste, M., & Boudou, A., 2003. Impacts of Cd and Zn on the Development of Periphytic diatom Communities in Artificial Streams Located Along a River Pollution Gradient. *Arch. Environmental Contamination Toxicol.*, 44: 189-197.
- Gomá, J., Cambra, J. & Ector, L., 2000. Étude de l'applicabilité des indices diatomiques IPS et IBD à deux bassins de Catalogne: Llobregat et Besòs. 22^{ème} Colloque de l'Association des Diatomistes de Langue Française (ADLaF): 16.
- Gomes, AA. & Barra, A., 2001. Morfologia e cobertura detritica da plataforma litoral na área de Albergaria-a-Velha (Distrito de Aveiro). *Estudos do Quaternário, APEQ*, 4: 7-14.
- Gonçalves, B.P., 1988. Variação sazonal da qualidade da água da Albufeira de Bemposta. In: 1º Conferência nacional sobre a qualidade do ambiente. (Eds) Borrego, C., Fernandes, Rosa Pires, A. & Samagaio, A. 2: 710-718.

Grasshoff's, K., 1976. *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie.

Gray, NF., 1996. A substrate classification index for the visual assessment of the impact of acid mine drainage in lotic systems. *Water Research*, 30: 1551-1554.

Guasch, H., Navarro, E., Serra, A. & Sabater, S., 2004. Phosphate limitation influences the sensitivity to copper in periphytic algae. *Freshwater Biology*, 49: 463-473.

Guerrero, PG., 1949. Observaciones Ficobiológicas en la Sierra do Gerês (Portugal). *Portugaliae Acta Biológica, série B*, Vol. Júlio Henriques, Lisboa: 117-137.

Gutierrez Maroto, A., Avarrete, J. & Jimenez Balesta, 1997. Concentraciones de metales pesados en la vegetacion autoctona desarrollada sobre suelos del entorno de una mina abandonada (Sistema Iberico Bubierca-Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, 108 (1): 69-74.

H

Hakanson, L., 1980. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: a sedimentological approach. *Water Research*, 14: 975-1001.

Hamell, M. & Holzwarth, F., 1999. Heavy metals (trace elements) and organic matter content of European soils. Noint Research Centre, European Commission: 16pp.

Harding, JPC. & Kelly, MG., 1997. Recent developments in algal-based monitoring in the United Kingdom. In: *Use of Algae for Monitoring River III*. Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, France: 26-34.

Harrison, GI. & Morel, FMM., 1983. Antagonism between cadmium and iron in the marine diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Journal Phycology*, 19: 495-507.

Hart, BT., 1982. Uptake of trace metals by sediments and suspended particulates: a review. *Hydrobiologia*, 91: 299-313.

Hoffmann, F., 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibl. Diatomologica*, 30: 1-241.

Huszar, VL. De M. & Caraco Nina, F., 1998. The relationship between phytoplankton composition and physical-chemical variables: a comparison of taxonomic and morphological-functional descriptors in six temperate lakes. *Freshwater Biology*, 40 (4): 679.

I

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente, 2000. *Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação*. Brasília, DF:

IBAMA, 2000. Instituto Brasileiro de Avaliação do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis. *Global Environment Outlook-1*. United National Environment Programme. *Global State of the Environment Report 11997*: 96pp. Disponível em [W₇]

IGEO 2002. Instituto Geográfico. Disponível em [W₁₈].

Ilka Schönfelder, I., Gelbrecht, J., Schönfelder, J. & Steinberg, CE., 2002. Relationship between littoral diatoms and their chemical environment in north-eastern German lakes and rivers. *Journal Phycology*, 38: 66-82.

INAG, 2000 – Instituto Nacional da Água, 2000. Disponível em [W₉].

INAG, 2004. Instituto Nacional da Água 2001. Disponível em [W₈].

INAG, 2005 – Instituto Nacional da Água, 2005. Disponível em [W₁₆].

INE – Instituto Nacional de Estatística, 2004. Disponível em [W₅].

ITGE, 1989. *Manual de Restauracion de Terrenos y Evaluacion de Impactos Ambientales en Minería*, 2ª edición. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMineiro de España.

Ivorra, N., Hettelaar, J., Kraak, MHS., Sabater, S. & Admiraal, W., 2002. Responses of biofilms to combined nutrient and metal exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21 (3): 626-632.

Ivorra, N., Hettelaar, J., Tubbing, GMJ., Kraak, MHS., Sabater, S., Admiraal, W., 1999. Translocation of Microbenthic Algal Assemblages Used for In Situ Analysis of Metal Pollution in Rivers. *Archives Environmental Contamination Toxicol.*, 37: 19-28.

J

Jambu, M., 1989. *Exploration Informatique et Statistiques des Données*. Dunod, Paris: 505 pp.

Jardim, WF. 1983. Metais pesados, um dano irreparável. *Rev. Bras. Tecnol.*, Brasília, 14 (2): 41-45.

Jensen, TE., Rachlin, JW., Jani, V. & Warkentine, B. 1982. An X-ray energy dispersive study of cellular compartmentalization of lead and zinc in *Chlorella saccharophila* (Chlorophyta), *Navicula incerta* and *Nitzschia closterium* (Bacillariophyta). *Environmental and Experimental Botany*, 22 (3): 319-328.

Jesus, T., Vieira, N. & Formingo, N., 1999. Avaliação da eficiência e impacto da ETAR de Albergaria-a-Velha através do estudo das comunidades de macroinvertebrados bentônicos. 6º Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente. Lisboa, 3: 80-88.

Jimenez-Espinosa, R., Sousa, AJ. & Chica-Olmo, M., 1993. Identification of geochemical anomalies using principal component analysis and factorial kriging analysis. *Journal of Geochemical Exploration*, 46: 245-256.

JOCE – Jornal Oficial da Comunidade Europeia. 2000. Directiva 2000/60/CE Parlamento Europeu e do Conselho.

Johnson, JM., 1997. Tailings Disposal Design. In Jerrold J. Marcus (Ed.) *Mining Environmental Handbook: Effects of Mining on the Environment and American Environmental Controls on Mining* (chapter 8). London: Imperial College Press.

Jorgensen, SE., 1990. Modelling in Ecotoxicology. Contamination of agricultural products by cadmium and lead. 16. Chapter 8: 115-122.

Jorgensen, S.E. & Jensen, A. 1984. Chapter 3. Processes of metal ions in the environment. In: *Metal ions in biological systems*. Volume 18. Circulation of metals in the environment. H. Sigel (ed.) Marcel Dekker, Inc, New York: 61-103.

Julivert, M., Fontboté, JM., Ribeiro, A. & Conde, LEN., 1974. Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares, Escala 1:1000.000. Memoria Explicativa, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid: 113pp.

Jung, CM. & Thornton, I., 1996. Heavy metal contamination of soils and plants in the vicinity of a lead-zinc mine, Korea. *Applied Geochemistry*, 11: 53-59.

K

Kabata-Pendias, A. 2001. *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press, Florida: 432pp.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. 1984. *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.

Kahn, A. & Soltanpour, PN., 1978. Effect of wetting and drying on DTPA-extractable Fe, Zn, Mn and Cu in soils. *Commun. Soil Science Plant Anal.*, 9: 193-202.

Kämpf, N. & Curi, N. 2002. Óxidos de ferro: Indicadores de Ambientes Pedogénico e Geoquímicos. In: Novais, R. F., Alvarez, V., V. H. & Schaefer, C. E. *Tópico em ciência do solo*. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: 352pp.

Kelly, MG. & Whitton, B.A., 1995. The trophic diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7: 433-444.

Kelly, MG., Cazaubon, A., Coring, E., Dell'Uomo, A., Ector, L., Goldsmith, B., Guasch, H., Hürlimann, J., Jarlman, A., Kawecka, B., Kwadrans, J., Laugaste, R., Lindstrom, EA., Leita, M., Marvan, P., Padisák, J., Pipp, E., Rott, E., Sabater, S., van Dam, H. & Vizinet, J., 1998. Recommendations for the routine sampling of diatoms for water quality assessments in Europe. *Journal of Applied Phycology*, 10: 215-224.

Kelly, J. & Thornton, I., 1996. Urban Geochemistry: A study of the influence of anthropogenic activity on the heavy metal content of soils in traditionally industrial and non-industrial areas of Britain. *Applied Geochemistry*, 11: 363-370.

Kiehl, EJ., 1979. *Manual de Edafologia*. Ed. Agronômica CERES. São Paulo: 262pp.

Kolkwitz, R. & Marsson, M. 190. Ökologie der tierischen Saprobien. Beiträge. Zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. *Int. Revue Ges. Hydrobiology*, 2: 126-152.

- Kolkwitz, R. & Marsson, M. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 26A: 505-519.
- Koo Kim, K., Woong Kim, K., Yong Kim, J., Kim, IS., 2001. Characteristics of tailings from the closed metal mines as potential contamination source in South Korea. *Environmental Geology*, 41: 358-364.
- Korhola, A., Weckström J. & Nyman, M., 1999. Predicting the long-term acidification trends in small subarctic lakes using diatoms. *Journal of Applied Ecology*, 36 (6): 1021.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H., 1986. Bacillariophyceae. Naviculaceae, In *Susswasser flora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 2/1 (1): 876pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H., 1988. Bacillariophyceae. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae, In *Susswasser flora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 2/2 (2): 596pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H., 1991a. Bacillariophyceae. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema Gesamtliteraturverzeichnis, In *Susswasser flora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 2/4 (4): 437pp.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H., 1991b. Bacillariophyceae. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, In *Susswasser flora von Mitteleuropa*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York, 2/3 (3): 577pp.

L

- Lambert, M., Pierzynski, G., Erickson, L. & Schnoor, J., 1997. Remediation of Lead-Zinc- and Cadmium-contaminated Soils. *Contaminated Land and its Reclamation*: 91-100.
- Lange-Bertalot, H. 1979. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. *Nova Hedwigia*, 64 : 285-304.
- Laville-Timsit, L., Wilhelm, E., 1979. Comportement supergène des métaux autour du gîte sulfuré de Port-oux-Moines (Côtes-du-Nord). Application à la prospection géochimique, *Bull. BRGM (deuxième série), Sect. II (2-3)* : 195-228.
- Lebart, L., Morineau, A. & Fénelon, JP., 1982. *Traitement des données statistiques méthodes et programmes*. (2^a Ed.), Dunod, Paris: 510pp.
- Leclercq, L. & Maquet, B., 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents. Comparaison avec d'autres indices chimiques, biocénotique et diatomiques. *Inst. Royal Science Natur. Belg., Documents de Travail*, 38: 113pp.
- Lecointe, C., Coste, M and Prygiel, J. 1993. "OMNIDIA" software for taxonomy, calculation of diatom indice and inventories management. *Hydrobiologia*, 269/270: 509-513.
- Leland, HV. & Carter, JL., 1985. Effects of copper on production of periphyton, nitrogen fixation and processing of leaf litter in a Sierra Nevada, California, stream. *Freshwater Biology*, 15:155-173.
- Leland, HV., & Porter, SD., 2000. Distribution of benthic algae in the upper Illinois River basin in relation to geology and land use. *44, (2)*:1-15.
- Leland, HV., Brown, LR., & Mueller, DK., 2001. Distribution of algae in the San Joaquin River, California, in relation to nutrient supply, salinity and other environmental factors. *Freshwater Biology*, 46 (9): 1-20.
- Leonova, GA., 2004. Biogeochemical Indicators of Aquatic Ecosystem Pollution by Heavy Metals. *Water Resources*, 31(2): 195-202.
- Lepeltier, 1969. A simplified statistical treatment of geochemical data by graphical representation. *Economic Geology*, 64: 538-550.
- Lloyd, M., & Ghelardi, RJ., 1964. A table for calculating the "equitability" component of species diversity. *Journal Animal Ecology*, 33: 217-225.
- Lobo, MLGM., Santos, IJG., Loureiro, AJS. & Póvoa, FRAV., 1999. Os resíduos industriais na Região Centro. In: 6^a Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente, Lisboa, 3: 513-517.
- Long, ER. & MacDonald, DD., 1998. Predicting toxicity in marine sediments with numerical sediment quality guidelines. *Environmental Toxicology Chemical*, 17: 714-727.

Lotze, F., 1945. Zur Gliederung der Varisziden der Iberischen Meseta. *Geotekt. Forsch.*, 6: 78-92. (Trad. J. M. Ríos, 1950. Observaciones a respecto de la división de los variscides de la Meseta Ibérica Publicaciones Extranjeras sobre Geología de España, Instituto Lucas Mallada, 5 (27): 149-166.

Lowe, RL., 1974. Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatom. U.S. Environmental Protection Agency Report, EPA 670/4-74-005, Cincinnati, Ohio: 334 pp.

M

MacCormick, PV., & Cairns Jr. J., 1994. Algae as indicators of environmental change. *Journal of Applied Phycology* 28 (1): 117-133.

MacDonald, DD. and Mac Farlane, M., 1999. (Draft). Criteria for managing contaminated sediment in British Columbia. British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks. Victoria, British Columbia.

MacDonald, DD., Ingersoll, CG., & Berger, TA., 2000. Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems. *Archives Environmental Contamination Toxicol.*, 39: 20-31.

Machado Leite, MR. & Santos Oliveira, JM., 2001. Programa de controle ambiental das minas abandonadas do País. In: Seminário sobre áreas mineiras abandonadas ou degradadas e solos contaminados. Urgeirica, Canas do Senhorim, Viseu: 1-7.

Marques de Sá, CD., Noronha, F., Ramos, JMF., & Guedes. A., 2005. A mina de chumbo do Coval da Mó. In: XIV Semana de Geoquímica e VIII Congresso de Geoquímica dos Países de Língua Portuguesa. Livro de Actas, 1: 331-333.

Marques, MCPV., 1993. Monografia de Vale de Cambra. Câmara Municipal de Vale de Cambra (ed): 228 pp.

Marseille, F., Tiffreau, C., Laboudigue, A. & Lecomte, P., 2000. Impact of vegetation on the mobility and bioavailability of trace elements in a dredged sediment deposit: Two scales of investigation, the pilot deposit and the greenhouse. Germany. *Contaminated Soil 2000*, Theme D1, 2: 697-704.

Matos Dias, JM., 2001. A metamorfose da exploração à requalificação ambiental. In: Seminário sobre áreas mineiras abandonadas ou degradadas e solos contaminados. Urgeirica, Canas do Senhorim, Viseu: 1-6.

Matos, JR., Coutinho, J. & Gonçalves, MS., 2002. Caracterização e valor agronómico de resíduos sólidos urbanos compostados em Portugal. In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo. (Eds. Especial). *Revista de Ciência Agrárias*. Lisboa, Portugal, XXV, (3-4): 353-364.

Matos, JX. & Rosa, C., 2001. Diagnóstico preliminar de minas abandonadas – Área Sul. *Rel. Int. IGM*: 276 pp.

Matsunaga, K., Tani, K., Kudo, I., Abe, K. & Toya, K., 1987. Behavior of Dissolved Manganese in Lake Ohnuma. *Jpn. Journal Limnology*, 48 (4): 243-247.

Mayan, O., Gomes, JM. & Henriques, A., 2001. Riscos para a saúde de complexos mineiros abandonados. Caso da mina de Jales. Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge. Lisboa: 67 pp.

McFarland, B.H., Hill, B.H. & Willingham, W.T., 1997. Abnormal *Fragilaria* spp. (Bacillariophyceae) in streams impacted by mine drainage. *Journal Freshwater Ecology*, 12: 141-149.

McIntire, CD., 1966. Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams. *Hydrobiologia*, 27: 559-570.

Medley, CN. & Clements, WH., 1998. Responses of diatom communities to heavy metals in streams: the influence of longitudinal variation. *Ecological Applications* 8(3): 631-644.

Merrington, G. and Alloway, BJ., 1994. 'The transfer and fate of Cd, Cu, Pb and Zn from two historic metalliferous mine sites in the UK, *Applied Geochemistry*, 9: 677-687.

Mikanova, O., 2006. Effects of heavy metals on some soil biological parameters. *Journal of Geochemical Exploration*, 88: 220-223.

Moreira, MH., Canha, AP., Franco, OM., Moura, AM., 1988. Qualidade biológica da água do rio Caima e do curso médio e superior do Vouga, In 1ª Conferência Nacional Sobre a Qualidade do Ambiente, 1: 206 – 221.

Moreno, F., Ferreira da Silva, E., Gil, MC. & Cardoso Fonseca, E., 1999. Evolution des teneurs en As dans un drainage à l'aval d'une ancienne exploitation minière (Mine du Pintor, Portugal). *Chronique Recherche Minière*, 534: 47-51.

Moreno, FSBA., 2000. Estudo dos mecanismos de dispersão de elementos vestigiais em sedimentos de corrente e água superficial da bacia hidrográfica do rio Antuã. Avaliação de riscos e classificação de vulnerabilidade. Tese de Doutorado em Geociências da Universidade de Aveiro: 243pp.

Mozeto, AA., Jardim, WF., Silvério, PF., Almeida, F., Soares, A. & Nascimento, MRL., 2003. O papel da química ambiental na avaliação da qualidade da água e sedimentos de ambientes aquáticos. Livro de Resumos da 26ª Reunião Anais da Sociedade Brasileira de Química. Poços de Caldas-MG: Resumo AB-130.

Mucha, AP., Vasconcelos, MT., Garcia, A., Leal, A. & Bordalo, MF., 1999. Estudos de toxidades em sedimentos do estuário do rio Douro. 6º Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente, 2: 115-124.

Müller, 1979. Schwermetall in den sedimenten des rheins-Veränderungen seit 1971. Umschau., 79: 778-783.

Murphy, JA., 1982. Considerations, materials and procedures for specimen mounting prior to Scanning Electron Microscopic examination. Scanning Eletron Microscopy II: 657-696.

Murray, KS., Cauvet, D., Lybeer, M., Thomas, JC., 1999. Particle Size and Chemical Control of Heavy Metals in Bed Sediment from the Rouge , River, Southeast Michigan. Environmental Science & Technology, 33: 987-992.

N

Nagaraju, A. & Prasad, KSS., 1998. Growth of Prosopis juliflora of pegmatite tailings from Nellore Mica Belt, Andhra Pradesh, India. Environmental Geology, 109 (2): 320-324.

Nakashima, H., & Majeswska, SA., 1992. X-ray microanalysis of fertile and male-sterile pollen grains of potato. EUREM 92, Granada Spain. Electron Microscopy, 3: 459-460.

Nakashima, H., Majeswska, SA., Shinamoto, Y. & Itoh, T., 1993. X-ray Microanalysis of Pollen Grain Surface of Sugarbeet (Beta vulgaris L.) and Maize (Zea mays L.). Jpn. Jornal Palynology, 39 (2): 97-102.

Nascimento, MRL. & Mozeto, AA., 2002. Valores de referência para metais pesados em sedimentos fluviais e lacustres na Bacia Hidrográfica do Rio Tietê, SP. In: 25º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química.

Nascimento, MRL., 2003. Proposição de valores de Referência para Concentração de Metais e Metalóides em Sedimentos Limnicos e Fluviais da Bacia Hidrográfica do rio Tietê, SP. Tese de Doutorado. Universidade de São Carlos. São Paulo. Brasil: 120 pp.

Natarajan, KA., Subramanian, S. & Braun, JJ., 2006. Environmental impact of metal mining – biotechnological aspects of water pollution and remediation – an Indian experience. Journal of Geochemical Exploration, 88: 45-48.

Nather Khan, ISA., 1991. Effect of urban and industrial wastes on species diversity of the diatom community in a tropical river, Malaysia. Hydrobiologia 224: 175-184

Nauwerck, A. 1959 Beitrag zur Kenntnis des Phytoplanktons portugiesescher Gewässer. Bol. Soc. Broteriana, XXXIII, 2ª Série: 223-231.

Nauwerck, A. 1962. Zur Systematik und Ökologie portugiesischer Planktonalgen. Mem. Soc. Broteriana XV: 5-55.

Navarro Flores, A., Collado Fernandez, D., Sanchez Garrido, JA., 1998. Caracterization de la contaminación producida por actividades mineras en los suelos de la Cuenca Baja del Rio Almazora. Boletín Geológico y Minero, 109 (2): 69-87.

NAVFAC – Naval Facilities Engineering Command. 2000. Guide for Incorporating Bioavailability Adjustments into Human Health and Ecological risk assessments at U. S. Navy and Marine corps facilities. Part 1: Overview of Metals Bioavailability. Washington, DC 20374-5065.

Nicola, De. MD., 2000. A review of diatoms found in highly acidic environments. Hydrobiologia, 433 (1-3): 111-122.

Nisbet, M. & Verneaux, J., 1970. Composantes chimiques des Eaux Courantes, In Annales de Limnologie. 6: 161-190.

Nishida, H., Miyai, M., Tada. F., & Suzuku., S. 1982. Computation of the index of pollution caused by heavy metals in river sediments. Environmental Pollution (série B), 4: 241-248.

Nkoane, BBM., Sawula, GM, Wibetoe, G. & Lund, W., 2005. Identification of Cu and Ni indicator plants from mineralised locations in Botswana. Journal of Geochemical Exploration, 86:130-142.

Novo, MEJS., Roque, A., Costa Cabral, MCM., Ramalho Jorge, C. & Lobo Ferreira, JPC., 1995. Centro. In J.P. Lobo Ferreira, M. Mendes de Oliveira e P. Ciabatti, Desenvolvimento de um inventário das águas subterrâneas de Portugal, , Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Hidráulica, Lisboa, I: I-255-1-269.

Nunes, CC., 1988. Estudo geológico de impacto ambiental. In: 1º Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente. (Eds) Borrego, C., Fernandes, Rosa Pires, A. & Samagaio, A. 2: 513-521.

Nunes, ML., Almeida, SFP., Ferreira da Silva, E., Rino, J. & Cardoso Fonseca, E., 2002. Les communautés de diatomées aux environs d'une ancienne mine de plomb (Coval da Mó - Centre Nord du Portugal). Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France. Deuxième Supplément Hors Série: 166-186.

Nunes, ML., Ferreira da Silva, E. & Almeida SFP., 2003. Assessment of Water Quality in the Caima and Mau River Basins (Portugal) Using Geochemical and Biological Indices. Water, Air and Soil Pollution, 149: 227-250.

Nunes, ML., Silva, EF. & Almeida, S., 2005. Caracterização e avaliação do impacto químico causado por antigas minas abandonadas na bacia hidrográfica do rio Caima-Portugal. Geochimica Brasiliensis, 19(2): 98-102.

Nyer, EK. & Gatliff, EG., 1996. Phytoremediation. Groundwater Monitoring Remediation, 16: 58-62.

O

Oliveira, JT., Pereira, E., Ramalho, M., Antunes, MT. & Monteiro, JH., 1992. Carta Geológica de Portugal à escala 1/500 000, 5ª edição, 2 Folhas. Serviços Geológicos Portugal, Lisboa.

Oliveira, R., Fernandes, T. & Costa JR. 1988. Análise e modelação da qualidade de água nos trabalhos de elaboração dos planos de bacias hidrográficas dos rios Minho, Vouga, Mondego e Lis. 1º Conferência Nacional sobre Qualidade do Ambiente, 2: 547-557.

Ontario, 1993. (Persaud, DR., R. Jaagumagi, and A. Hayton). Guidelines for the protection and management of aquatic sediments in Ontario. Standards Development Branch. Ontario Ministry of Environment and Energy, Toronto, Canada.

Ordóñez, A., Loredó, J. & Gallego, JLR., 1999. Retención de metales pesados en Typha Latifolia posterior al tratamiento de aguas por métodos pasivos. Acta II Congreso Ibérico de Geoquímica – XI Semana de Geoquímica, Lisboa: 141-144.

P

Pan, Y., Stevenson, RJ., Hill, BH., Herlihy, AT. & Collins, GB., 1996. Using diatoms as indicators of ecological conditions in lotic systems: a regional assessment. Journal of the North American Benthological Society, 15: 481-495.

Paoliello, MMB., 2002. Exposure of Children to Lead and Cadmium from a Mining Area of Brazil. Environmental Research, Section A 88: 120-128.

Paoliello, MMB., 2003. Determinants of blood lead levels in an adult population from a mining area in Brazil. J. Phys. IV Rance, 107: 127-130.

Parsons, ML., Mjor, S., & Forster, AR., 1983. Trace element determination by Atomic Spectroscopic Methods. Status of Art. Applied Spectroscopy, 37(5): 411-418.

Patinha, C. 1996. Distribuição de elementos maiores e vestigiais em meios amostrais diferenciados. Contribuição para o conhecimento da influência da actividade antrópica na qualidade da água em fontenários do Concelho de Águeda. Tese de Mestrado em Geoquímica da Universidade de Aveiro: 155 pp.

Patinha, C., 2002. Impacto de elementos vestigiais na envolvente de antigas explorações mineiras utilizando meios amostrais diferenciados: Contribuição para o conhecimento dos mecanismos de dispersão e fixação dos elementos Cu, Pb, Zn e As em meio superficial. Tese de Doutoramento em Geociências da Universidade de Aveiro: 272 pp.

Patrick, R. 1968. The structure of diatom communities in similar ecological conditions. Am. Nat., 102: 173-183.

PDM-Ar: Plano Director Municipal de Arouca.

PDM-OA: Plano Director Municipal de Oliveira de Azeméis, 1994. Estudos de Caracterização Enquadramento Regional. Geologia, Geotecnia, Hidrologia, Potencial Hídrico, Recursos Minerais e Legislação Mineira: 140 pp + anexos.

PDM-AV: Plano Director Municipal de Albergaria-a-Velha. 1995. Estudos de Caracterização Enquadramento Regional.

PDM-SV: Plano Director Municipal de Sever do Vouga.

PDM-VC: Plano Director Municipal de Vale de Cambra.

Peixinho de Cristo, F., 1998. Análise dos sistemas de abastecimentos públicos de água nos distritos de Aveiro, Coimbra e Leiria. Direcção Geral dos Recursos e Aproveitamento Hidráulicos, Lisboa.

Pereira, E., Gonçalves, L.S. & Moreira, A., 1980. Carta Geológica de Portugal à escala de 1:50 000. Notícia Explicativa da Folha 13-D – Oliveira de Azeméis. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa: 68pp.

Pereira, MJV., 1999. Utilização de algas na avaliação de contaminação de água doces por metais. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro: 611pp.

Pestana, MHD., Formoso, MLL., Teixeira, EC., 1997. Heavy metals in stream sediments from copper and gold mining areas in southern Brazil. *Journal of Exploration Geochemistry*, 58: 133-143.

Plant, J.A. & Hale, M. 1994. Drainage geochemistry in mineral exploration. (Eds) *Handbook of Exploration Geochemistry* 6, Elsevier Amsterdam.

Plant, J.A., Hale, M. & Ridgway, J. 1988. Developments in regional geochemistry for mineral exploration. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, B97: 116-140.

Pratas, J., Prasad, MNV., Freitas, H. & Conde, L., 2005. Plants growing in abandoned mines of Portugal are useful for biogeochemical exploration of arsenic, antimony, tungsten and mine reclamation. *Journal of Geochemical Exploration*, 85: 99-107.

Pratas, JAMS., 1996. Aplicação de prospecção biogeoquímica - selecção de espécies bioindicadoras em algumas áreas mineiras de Portugal. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia de Minas (especialidade Exploração de Recursos Geológicos). Coimbra: Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra: 1064pp.

Price, N.M. & Morel, F.M.M., 1991. Colimitation of phytoplankton growth by nickel and nitrogen. *Limnol. Oceanogr.*, 36 (6): 1071-1077.

Prohic, E. & Juracic, M., 1989. Heavy metals in sediments problems concerning determination of the anthropogenic influence. Study in the Krka River Estuary, eastern Adriatic Coast, Yugoslavia. *Environmental Geology and Water Science*, 13: 145-151.

Prygiel, J. & Coste, M. 1995. Les diatomées et le diagnostic de la qualité des eaux courantes continentales: les principales méthodes indicielles. *Vie Milieu* 45 (3/4): 179-186.

Prygiel, J. & Coste, M., 2000. Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées. NF T 90-354. France: 134pp.

Prygiel, J. & Coste, M., 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. *Hydrobiologia* 269/270: 343-349.

Q

Quintaneiro, I., Ré, M., Cruz, M., Pinheiro, A., 1992. Impacto de duas unidades de pasta de papel na qualidade da água dos rios Caima e Vouga, In Enpol – Encontro Nacional de Controlo da Poluição Municipal e Industrial. Guarda: 1-8.

R

Racca, J.M.J., Philibert, A., Racca, R. & Prairie, Y., 2001. A comparison between diatom-based pH inference models using Artificial Neural Networks (ANN), Weighted Averaging (WA) and Weighted Averaging Partial Least Squares (WA-PLS) regressions. *Journal of Paleolimnology*, 26: 411-422.

Rai, L.C., Jesen, T.E. & Rachlin, J.W., 1990. A Morphometric and X-ray Energy Dispersive Approach to Monitoring pH-Altered Cadmium Toxicity in *Anabaena flos-aquae*. *Archives Environmental Contamination Toxicology*, 19: 479-487.

Ratha, D.S. & Sahu, B.K., 1993. Source and distribution of metals in urban soil Bombay, India, using multivariate statistical techniques. *Environmental Geology*, 22: 276-85

Reavie, E.D. & Smol, J.P., 1998. Epilithic diatoms of the St. Lawrence River and their relationships to water quality. *Canadian Journal of Botany* 76 (2): 251-257.

- Reavy, R.J., 1987. An investigation into the controls of granite plutonism in the Serra da Freita region, Northern Portugal, University of St. Andrews. (Unpublished PhD Thesis): 210pp.
- Reavy, R.J., 1988. A model for the emplacement of the Serra da Freita granite in the geotectonic context of the Central Iberian Zone. *Trab. Geol. Fac. Ciências Univ. Oviedo*, 17: 133-138.
- Reavy, R.J., 1989. Structural controls on metamorphism and syn-tectonic magmatism: the Portuguese Hercynian collision belt. *Jornal Geological Society, London*, 146: 649-657.
- Reavy, R.J., Stephens, W.E., Fallick, A.E., Halliday, A.N. & Godinho, M.M., 1991. Geochemical and isotopic constraints on petrogenesis: the Serra da Freita pluton, a typical granite body from the Portuguese Hercynian. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 103: 392-401.
- Reimann, C. & Garrett, R.G., 2005. Geochemical background – concept and reality. *Science of the Total Environment*, 350: 12-27.
- Riba, I., Del Valls, T.A., Forja, J.M., & Gómez-Parra, A., 2002. Influence of the Aznalcóllar mining spill on the vertical distribution of heavy metals in sediments from the Guadalquivir estuary (SW Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 44: 39-47.
- Ribeiro Filho, M.R., Curi, N., Siqueira, J.O. & Motta, P.E.F., 1999. Metais pesados em solos e áreas de rejeitos de indústria de processamento de zinco. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 23: 453-464.
- Ribeiro, A., Antunes, M.T., Ferreira, M.P., Rocha, R.B., Soares, A.F., Zbyszewski, G., Almeida, F.M., Carvalho, D. & Monteiro, J.H., 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal. *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa: 114pp.
- Ribeiro, A., Marcos, A., Pereira, E., Llana-Fúnez, S., Fariás, P., Fernández, F.J., Fonseca, P.E., Chaminé, H.I. & Rosas, F., 2003. 3-D strain distribution in the Ibero-Armorican Arc: a review. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, V (CD-Rom, VI Congresso Nacional de Geologia): D62-D63.
- Ribeiro, A., Pereira, E. & Severo Gonçalves, L., 1980. Análise da deformação da zona de cisalhamento Porto-Tomar na transversal de Oliveira de Azeméis. *Comunicações Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, 66: 3-9.
- Ribeiro, A., Pereira, E., Chaminé, H.I. & Rodrigues, J., 1995. Tectónica do megadomínio de cisalhamento entre a Zona de Ossa-Morena e a Zona Centro-Ibérica na região de Porto-Lousã. In: Sodré Borges, F. & Marques, M. (coords.), *Memórias Museu Laboratório Mineralogia Geologia Faculdade Ciências Universidade do Porto*, 4: 299-303.
- Ribeiro, A., Quesada, C. & Dallmeyer, R.D., 1990. Geodynamic evolution of the Iberian Massif. In: Dallmeyer, R. D. & Martínez-García, E., Eds, *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg: 397-410.
- Ribeiro, C., 1860. Memória sobre o grande filão metálico que passa ao nascente d'Albergaria a Velha e Oliveira d'Azeméis. *Memórias Academia Real Ciências*, N.S., 2 (II): 5-105.
- Ribeiro, H.M., Gonçalves, M., Vasconcelos, E., Fabres, S., Machado, L., & Cabral, F., 2002. Utilização de resíduos da indústria da pasta de papel como fertilizante. In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo. *Revista de Ciência Agrária*, XXV (3-4): 366-373.
- Ribeiro, O., 1949. Le Portugal Central. In: *Livret-guide de l'excursion C*, XVI Congr. Internat. Géogr., Union Géographique Internationale, Lisbonne: 180pp.
- Ribeiro, O., Almeida, J.P. & Patrício, A., 1943. Nota preliminar sobre a morfologia do maciço da Gralheira. *Boletim Sociedade Geológica Portugal*, Porto, 3 (1/2): 81-85.
- Ribeiro, O., Lautensach, H. & Daveau, S., 1987. Geografia de Portugal. Vol. I - A posição geográfica e o território. Edições João Sá da Costa. Lisboa: 334pp.
- Rino, J.M.A., 1967a. Subsídio para o conhecimento das Algas em Portugal I. *Anuário da Sociedade Broteriana*, XXXV: 11-27.
- Rino, J.M.A., 1967b. Subsídio para o conhecimento das Algas em Portugal II. *Portugalia Acta Biologica (B)*, 9 (1/2): 106-145.
- Rino, J.M.A., 1969. Subsídios para o conhecimento das Algas em Portugal I. *Anuário da Sociedade Broteriana*, XXXV: 41-72.
- Rino, J.M.A. & Santos, M.F., 1968. Subsídios para o conhecimento das Algas em Portugal I. *Anuário da Sociedade Broteriana*, XXXIV: 19-41.

- Rino, JMA. & Gil, MCP., 1987. Diatomáceas do rio Cértima – Estudo preliminar. *Revista Biologia da Universidade de Aveiro*, 1: 53-103.
- Rino, JMA., & Pereira, MJ., 1988. Euglenophyta da região Centro de Portugal, I. Género *Trachelomonas* Ehrenb. 1833 emend. Defl. 1926. *Revista Biologia da Universidade de Aveiro*, 2: 129-161.
- Rino, JMA., & Pereira, MJ., 1990. Euglenophyta da região Centro de Portugal, I. Género *Trachelomonas* Ehrenb. 1833 emend. Defl. 1926. II Estrutura da lórica em microscopia eletrónica de varrimento. *Revista Biologia da Universidade de Aveiro*, 3: 139-187.
- Rino, JMA. & Pereira, MJ., 1991. A propósito de *Trachelomonas cervicula* Stokes (1890) e de *Trachelomonas* varians Defl. (1924). (Algae, Euglenophyta) *Bol. Soc. Brot.*, 64 (2ª Série): 245-258.
- RNDE – Le Réseau National des Données sur l'Eau, 2000. La qualité biologique des cours d'eau en France. Toulouse. France. 0561770230: 15p.
- Roch, M., Nordin, RN., Austin, A., Mckean, C JP., Deniseger, J., Kathman, RD., McCarter, JA., Clark, MJR., 1985. The Effects of Heavy Metal Contamination on the Aquatic biota of Buttle Lake and the Campbell River Drainage (Canada). *Archives Environmental Contamination Toxicology*, 14: 347-362.
- Rocha FT., Moço LP., Fernandes JP., Flores D., Chaminé HI., Fonseca PE., Gama Pereira L. C., Pinto de Jesus A., Gomes C., Soares de Andrade A. & Araújo A., 2005. Palaeozoic out-of-sequence black metapelitic rocks along major shear zones (Ossa-Morena Zone, W Portugal): clay mineralogy, organic petrology, palynology and tectonostratigraphy. In: Abstracts, EUROCLAY'2003, 10th Conference of the European Clay Groups Association, Modena, Italy: 241-242.
- Rocha, F., Almeida, F. & Gomes, C., 1996. Argilização em Filões Mineralizados com Pb e Ag das Minas do Braçal: Aspectos mineralógicos e geoquímicos. *Geociências, Revista da Universidade de Aveiro*, Vol. 10, 2: 25-30.
- Rocha, FT., 1993. Argilas aplicadas a estudos litoestratigráficos e paleoambientais na Bacia Sedimentar de Aveiro. Tese de Doutoramento em Geociências da Universidade de Aveiro: 398pp.
- Rodier, J., 1971. L'analyse chimique et physico-chimique de l'eau. Dunond, Paris: 700pp.
- Rodrigues, A & Moita, MT., 1979. Sistema dos sapróbicos aplicados ao estudo do fitoplâncton para uma possível classificação da água no estuário do Tejo.
- Rogado, NJQ., 1985a. Nota acerca dos Solos do Médio e Baixo Vouga. I.N.I.A. - CNROA (Departamento de Génese, Classificação e Cartografia de Solos – Brigada de Aveiro): 14pp.
- Rogado, NJQ., 1985b. Carta preliminar dos solos do Baixo Vouga. Garcia de Orta, Série Estação Agronómica, Lisboa, 12 (1-2): 25-34.
- Rogado, NJQ., 1995. Solos do Baixo Vouga de Origem Aluvionar. Série Estudos, Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral: 66pp.
- Rogado, NJQ., Batalha, JFCS., Simões, JJMF. & Ribeiro, LM., 1993. Esboço de uma Carta de Solos da Região de Aveiro na Escala 1/100 000. Série Estudos, Direcção Regional de Agricultura da Beira Litoral: 36pp.
- Rohdes GM., 2000. Geoquímica ambiental e estudo de impacto. (Ed) Signus, São Paulo: 157pp.
- Round, FE., 1991. Diatom in river water – monitoring studies. *Journal of Applied Phycology*, 3: 129-145.
- Rudd, T., 1987. Heavy metals in wastewater and sludge treatment process. Vol. 1: Sources, analysis and legislation. CRC Press, John Lester Ed., London: 2.
- Ruiz, F., 2001. Trace metals in estuarine sediments from the south-western Spanish Coastal Marine Pollution Bull., 42: 482-490.
- Rushforth, SR., Brotherson, JD., Fungladda, N. & Evenson, WE., 1981. The effects of dissolved heavy metals on attached diatoms in the Uintah Basin of Utah, U.S.A. *Hydrobiologia*, 83 (2): 313-323.

S

- Sabater, S., 2000. Diatom communities as indicators of environmental stress in the Guardamar River, S-W Spain, following a major mine tailings spill. *Journal of Applied Phycology*, 12 (2) : 113-124.

- Sala, S. E., Ricard, M., Coste, M. & Vouilloud, A., 2002. Utilisation des Diatomées comme indicateurs de la qualité des eaux en Argentine. Etat actuel et perspectives. Résumés. 21^{ème} Colloque de l'ADLaF. Nantes. Association des Diatomistes de Langue Française: 38.
- Salazar, M., Poch, RM. & Bosch, AD., 2001. Proposta metodológica para a reabilitação de solos mineiros com o uso de resíduos e subprodutos. In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo. (Eds. Especial). Revista de Ciência Agrárias. Lisboa, Portugal. Vol. XXV, (3-4): 474-483.
- Salomons, W., 1980. Trace metal analysis on polluted sediments. Part II Evaluation of environmental impact. *Environmental Technology Letters*, 1: 506-517.
- Salomons, W. & Förstner, U., 1984. *Metals in Hydrocycle*. Springer-Verlag, Berlin.
- Salomons, W., 1995a. Long-term strategies for handling contaminated sites and large-scale areas. In W. Salomons e W. Stigliani (Eds.) *Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments. Risk Assessment of delayed and Non-Linear Responses*, Springer-Verlag, Berlin: 1-30.
- Salomons, W. 1995b. Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention. *Journal Geochemical Exploration*, 52: 5-23.
- Salt, DE., Blaylock, M., Kumar, NPBA., Dushenkov, V., Ensley, BD. & Chet, I. 1995. Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. *Biotechnology*, 13: 468-475.
- Sampaio, J., 1950. Inventário das algas citadas para a serra do Gerês até à data da 1º Reunião de Botânica Peninsular – Julho de 1948. *Agronomia Lusitana* 12 (1): 1-13.
- Santos Oliveira, JM., 1997. Algumas reflexões com enfoque na problemática dos riscos ambientais associados à actividade mineira. *Estudos, Notas e Trabalhos do Instituto Geológico e Mineiro*, 39: 3-25.
- Santos Oliveira, JM. & Ávila, PF., 1994. Controlo ambiental em áreas mineiras abandonadas. Auréolas de dispersão geoquímica de elementos químicos poluentes. *Actas da 4ª Conferência Nacional sobre a Qualidade do Ambiente*, III: 66-70.
- Santos Oliveira, JM. & Ávila, PF., 1995. Avaliação do impacto ambiental provocado por uma exploração mineira. Um caso de estudo no país. *Estudos, Nota e Trabalhos do IGM*, 37: 25-50.
- Santos Oliveira, JM. & Ávila, PF., 1996. Geochemical characterization of an abandoned mining site in Portugal. Distribution of some heavy metals in stream sediments, alluvium and soils with basis on a multielement strategy. *Symposium Proceedings of the Third International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe*, Warsaw: 909-912.
- Santos Oliveira, JM. & Ávila, PF., 1997. Geochemical patterns of As, Cd, Pb, Zn and Cu in stream sediments and soils from a mining site in terms of environmental impact assessment. *Abstracts of the 18th International Geochemical Exploration Symposium*, Jerusalem: 1-2.
- Santos Oliveira, J.M., Machado, MJC., Pedrosa, MY., Ávila, PF., Leite, MM., 1999. Programa de Investigação e Controlo Ambiental em Área do País com Minas Abandonadas: Compilação de Resultados. *Estudos, Notas e Trabalhos*, Instituto Geológico e Mineiro, 41: 3-25
- Santos Oliveira, JM., Machado Leite, MR., Canto Machado, MJ. & Pedrosa, MY., 2000. Auréolas de dispersão química causada pela actividade mineira. Estratégias e uma Metodologia Técnico-Científica com vista à sua Avaliação e Hierarquização. *Seminário sobre Ambiente, Segurança e Política na Indústria Mineira*, Lisboa: 1-13.
- Santos Oliveira, JM., Farinha, J., Matos, JX., Ávila, P., Rosa, C., Canto Machado, MJ., Daniel, FS., Martins, L. & Machado Leite, MR. 2002a. Auréolas de dispersão química causadas pela actividade mineira. Estratégias e uma metodologia técnico-científica com vista à sua avaliação e hierarquização, Lisboa, 37 (3): 177-185.
- Santos Oliveira, JM., J. Farinha, JX. Matos, P. Ávila, C. Rosa, MJ. Canto Machado, FS. Daniel, L. Martins, MR. Machado Leite, 2002b. Diagnóstico Ambiental das Principais Áreas Mineiras Degradadas do País. *Boletim de Minas*, Lisboa, 39 (2): 67-85
- Santos Oliveira, JM., Machado, MR., Canto Machado, MJ., Pedrosa, L. M., Matos, JM., Rosa, CJ., Ávila, P., Martins, L. & Daniel, FS., 2002c. Avaliação dos riscos ambientais originados pela actividade mineira em Portugal. Linhas orientadoras a um programa de estudos e resultados. *Cierre de Minas: Experiencias en Iberoamerica*: 516-533.
- Santos, J., 1970. Contribuição para o conhecimento das algas de água doce de Portugal. I. *Anuário da Sociedade Broteriana*, XXXVI: 87-124.

- Santos, J., 1971. Contribuição para o conhecimento das algas de água doce de Portugal. II. Anuário da Sociedade Broteriana, XXXVII: 9-42.
- Santos, J., 1973a. Contribuição para o conhecimento das algas de água doce de Portugal. III. Anuário da Sociedade Broteriana, (2ª Série). 105-137.
- Santos, J., 1973b. Contribuição para o conhecimento das algas de água doce de Portugal. IV Anuário da Sociedade Broteriana, XXXIX: 25-17.
- Santos, J., 1976. Contribuição para o conhecimento das algas de água doce de Portugal. V. Anuário da Sociedade Broteriana, L: 169-230.
- Saros, JE. & Fritz, SC., 2002. Resource competition among saline-lake diatoms under varying N/P ratio, salinity and anion composition. *Freshwater Biology*, 47 (9) 87: 1-8. Disponível em [W₄]
- Satsmadjis, J., Voutsinou-Taliadouri, F., 1985. An index of metal pollution in marine sediments. *Oceanol.*, 8: 277-284.
- Say, PJ. & Whitton, BA., 1981. Chemistry and plant ecology of zinc-rich streams in Northern Pennines. In: Say PJ, Whitton BA (eds) *Heavy metals in Northern England: Environmental and Biological Aspects*. Univ. Durham, United Kingdom.
- Schönfelder, I.; Gelbrecht, J.; Schönfelder, J. & Steinberg, CE., 2002. Relationships between littoral diatoms and their chemical environment in northeastern German lakes and Rivers. *Journal of Phycology*, 38: 66-82.
- Schwertmann, U., 1985. Occurrence and formation of iron oxides in various pedoenvironments. In: Stucki, J. W., Goodman A, Schwertmann, U. Ed. *Iron in soils and clay minerals*. Germany Bad Windsheim, Nato Adv. Study Institute: 682-736.
- Senten, J.R., 1989. *Ocean and Shoreline Management*. 12, 463 pp.
- Serrano MC. & Cardoso Fonseca, E., 1989. A *Lithodora prostrata* como indicador biogeoquímico de anomalias de chumbo, *Geociências*, *Geociências*, Revista da Universidade de Aveiro, 4 (2): 47-55.
- Serrano Pinto, LFS., 2001. Caracterização ambiental da zona envolvente à mineração de Castromil – Paredes. Tese de Mestrado em Geoquímica da Universidade de Aveiro: 141 pp
- Serrão, MG., Boto, JB., Neves, MJ., Fernandes. ML., Martins, JC., Pires, FP., & Oliveira, A., 2002. Evolução da fertilidade de um Solo Mediterrâneo Pardo de grauvaques sob pastagem, por efeito da adubação e da fertilização com uma lama de ETAR. In: 1º Congresso Nacional das Ciências do Solo. *Revista de Ciência Agrária*, XXV (3-4): 383-410.
- Severo Gonçalves, L., 1974. *Geologie und petrologie des gebietes von Oliveira de Azeméis und Albergaria-a-Velha (Portugal)*. Tese de Doutorado Freien Universität Berlin: 261pp.
- Severo Gonçalves, L., 1984. Excursão Geológica na região de Albergaria-a-Velha - Oliveira de Azeméis. In: *Livro-Guia das Excursões da VI Reunião do Grupo Ossa-Morena*, Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra: 14pp.
- Sharpe, D. 1849. On the Geology of the neighbourhood of Oporto, including the Silurian Coal and Slates of Valongo. *Quart. Journal Geological Society London*, 5: 142-153.
- Shelske, CL., 1999. Diatoms as mediators of biogeochemical silica depletion in the Laurentian Great Lakes. In: Stomer, E. F. and Smol, J. P. *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Ed. University Cambridge Press: 469pp.
- Shin, PKS., & Lam, WKC., 2001. Development of a marine sediment pollution index. *Environmental Pollution*, 113: 281-291.
- Shuman, LM., 1980. Effects on soil temperature, moisture, and air-drying on extractable manganese, iron, copper, and zinc. *Soil Science*, 130: 336-343.
- Sicko-Goad, L. & Lazinsky, D. 1986. Quantitative Ultrastructural Changes Associated with Lead-coupled Luxury Phosphat Uptake and Polyphosphate Utilization. *Archives Environmental Contamination Toxicol.*, 15: 617-627.
- Sígolo, JB., Pinheiro, CHR., & Guimarães, V. 2003. Interação de metais (Cu, Zn, Cr, Ni, Fe e Mn) com organismos fitoplantônicos de sedimentos em suspensão de ambiental lacustre do parque ecológico do Tiete – RMSP. IX Congresso Brasileiro de Geoquímica, Belém. Pará: 160-162.

- Silva, FJJ, & Valente, RAJ., 1988. Poluição dos rios Caima e Vouga pela Indústria de Pasta de Papel. 1ª Conferência Nacional sobre Qualidade do Ambiente, 2: 738 -745.
- Silva, IS., Abate, G., Lichting, J. & Masini, JC. (XXXX). Heavy metal distribution in recent sediments of the Tietê-Pinheiros river system in São Paulo state, Brazil. *Applied Geochemistry*, 17: 105-116.
- Silva, JF., 1995. Rio Vouga: um rio que podemos conservar limpo!. In Seminário- A Bacia do Vouga e os seus recursos: que desafios?. S. Pedro do Sul, Portugal.
- SIMRIA – Saneamento Integrado dos Municípios da Ria., 2002. Sistema Multimunicipal de Saneamento da Ria de Aveiro – Ampliação. Estudo Prévio, 2º relatório. Parte D – Subsistema de Ossela. Relatório 42010-02D: 151pp.
- Sinclair, 1974. Selection of threshold values in geochemical data using probability graphs. *Journal of Geochemical Exploration*. 3 (2): 129-149.
- Sinclair, 1976. Applications of probability graphs in Mineral Exploration. Association of Exploration Geochemists, Special Volume 4: 95pp.
- Sladeczek, V. 1986. Diatom as indicators of organic pollution. *Acta Hydrochimica Hydrobiol.*, 14 (5): 555-566.
- Smith, G., 1987. Botânica criptogâmica (volume I : Algas e Fungos). Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Smol, JP. & Reavie, ED., 1998. Epilithic diatoms of the St. Lawrence River and their relationships to water quality. *Canadian Journal Botany*, 76: 251-257.
- SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos. 2000. Proposta de reestruturação das redes de monitorização de recursos hídricos. Bacias Hidrográficas entre Douro e Tejo, 1: 1-168.
- Soares da Silva AM., 1983. Carta Litológica de Portugal, escala 1:500.000. Edição da Comissão Nacional do Ambiente.
- Soen, IO., 1970. Granite intrusion, folding and metamorphism in central northern Portugal. *Boletim Geol. Min., Madrid*, 81 (2/3): 271-298.
- Sousa, AJ., 1988. Análise de Dados e Geostatística Multivariada. Aplicação à tipologia de minérios. Tese de Doutoramento, IST, Lisboa.
- Sousa, MC., 2000. Reabilitação ambiental de áreas mineiras degradadas. *Boletim de Minas, Lisboa*, 37 (3): 173-176.
- Sposito, G., 1986. Distribuição of Potentially Hazardous Trace Metals. In: Sigel, H. Metal Ions in biological systems. Volume 20. Concepts on metal ion toxicity. H. Sigel (ed.) Marcel Dekker, Inc, New York: 1-20.
- Stevenson RJ., & Pan YP., 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. In: Stoermer EF, Smol JP (eds) *The diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*: 11-40.
- Stevenson, R. & Bothwell, M. 1996. *Algal Ecology*. Academic Press.
- Stevenson, R.J., 1996. An introduction to algal ecology in freshwater benthic habitats. In: *Algal ecology of freshwater benthic ecosystems*, Aquatic Ecology Series, Stevenson, R.J., Bothwell, M.L., Lowe, R.L., (Eds.), Academic Press, Boston: 3-30.
- Stoermer, E.F., Smol, J.P., 1999. *The diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Stoermer E.F., Smol, J.P. (eds), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom
- Strickland, DH. & Parsons, TR., 1972. A practical handbook of seawater analysis. 2d Ottawa, J. Fish. Res. Bord. Canada Ottawa Bull: 167pp.
- Sullivan, MJ., 1984. Mathematical Expression of Diatom Results. Are these Pollution Indices Valid and Useful? Proc. of the 8th Diatom Symposium, Paris, August 1984. Koeltz Koenigstein Publ.: 772-776.
- Swennen R. & Van Der Sluys J. 1998. Zn, Pb, Cu and As distribution patterns in overbank and medium-order stream sediment samples: their use in exploration and environmental geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 65: 27-45.

T

- Takamura, N., Kasai, F., & Watanabe, MM., 1989. Effects of Cu, Cd and Zn on photosynthesis of freshwater benthic algae. *Journal of Applied Phycology*, 1: 39-52.

Takamura, N., Kasai, F., & Watanabe, MM., 1990. Unique response of Cyanophyceae to copper. *Journal of Applied Phycology*, 2: 293-296.

Tecinvest, 1987. "Survey study on contaminated land in Portugal". Relatório Final, Lisboa: 94 pp.

Teixeira, C., 1981. *Geologia de Portugal*, Vol. I - Precâmbrio, Paleozóico. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa: 629 pp.

Teixeira, C., Bastos, I., Vidal, N., Ramiseo, P., Santos, R., 1990. Rio Cértima - estudo da qualidade da água e caracterização das cargas poluentes, In *Tratamento de águas e efluentes*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Tessier, A. & Campbell, PGC., 1987. Partitioning of trace metal in sediments: Relationships with bioavailability. *Hydrobiologia*, 149: 43-52.

Tessier, A., Buffle, J. & Campbell, PGC., 1994. Chapter 6. Uptake of Trace Metals by Aquatic Organisms. In: *Chemical and Biological Regulation of Aquatic Systems*. J. Buffle & R. R. De Vitre. Lewis Publishers CRC, Press, Inc.: 197-230.

Tessier, A., Campbell, PGC. & Bisson, M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, 51: 844 – 851.

Thorton, I., 1983. Geochemistry applied to agriculture. *Applied Environmental Geochemistry*: 231-266.

Tubbing, DMJ., Admiraal, W., Cleven, RFMJ., Iqbal, M., Van de Meent, D. & Verweij, W. 1994. The contribution of complexed copper to the metabolic inhibition of algae and bacteria in synthetic media and river water. *Water Resources*, 28 (1): 37-44.

Tucci, CEM. 2002. *Hidrologia: Ciência e aplicação*. 3º Ed. UFRGS. Porto Alegre, Brasil: 943pp.

Tudesque, L. & Ector, L. 2000. Suivi de la qualité hydrobiologique au moyen des diatomées benthiques.

Tuner, DR., 1984. Relationships between biological availability and chemical measurements. In: *Metal ions in biological systems*. Chapter 5. Vol. 18. *Circulation of metals in the environment*. H. Sigel (ed.). Marcel Dekker, Inc, New York: 137-164.

Twiss, MR. & Nalewajko., 1992. Influence of phosphorus nutrition on copper toxicity to three strains of *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae). *Journal Phycology*, 28: 291-298.

U

USEPA., 2001. Water pollution legal aspects, Monitoring water quality.

Usero, J.; González-Regalado, E. & Gracia, I. 1996. Trace metals in the bivalve mollusc *Chamelea gallina* from the Atlantic Coast of Southern Spain. *Marine Pollution Bulletin*, 32 (3), 305-310.

V

Van Der Weijden, CH., Ten Haven, HL., Boer, HA., Hopstaken, CFAM. & Vriend, SP., 1984. Geochemical studies in the drainage basin of the Rio Vouga (Portugal). I. General hydrogeochemistry from its origin to the Ria de Aveiro, In *Hydrochemical Balances of Freshwater Systems*. IAHS Publication, The Netherlands, 150: 263-276.

Vangronsveld, J., Sterckx, J., Van Assche, F., Clijsters, H. 1995a. Rehabilitation studies on a old non-ferrous waste dumping ground: effects of revegetation and metal immobilization by beringite. *Journal of Geochemical Exploration*, 52: 221-229

Vangronsveld, J., Assche, F. Van. & Clijsters, H. 1995b. Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals: in situ metal immobilization and revegetation. *Environmental Pollution*, 87: 51-59.

Vanloon, GW., Duffy, SJ., 2000. *Environmental chemistry- a global perspective*. New York, Oxford.

Vasconcelos, JC., 1959. *Evolução da vegetação infestante dos arrozais do Conselho de Alcácer do Sal*. Ministério da Economia, Secretaria de Estado do Comércio. Comissão Reguladora do Comércio de Arroz: 63pp.

Verb, RG. & Vis, ML. 2000. Comparison of benthic diatom assemblages from streams draining abandoned and reclaimed coal mines and monimpacted sites. *Journal N. Am. Benthol. Society*, 19 (2): 274-288.

W

- Waite, T.D. 1984., Toxic Metals and Water Quality. In: Water Resources and Water Quality Management. Principles of Water Quality. Academic Press, Inc.: 274 pp.
- Warren, L.J., 1981. Contamination of sediments by lead, zinc and cadmium: a review. *Environmental Pollution*, Ser. B, 2: 401-436.
- Washington, H.S., 1984. Diversity, Biotic and Similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18(6): 653-694.
- Weckström, J. & Korhola, A. 2001. Patterns in the distribution, composition and diversity of diatom assemblage in relation to ecoclimatic factors in Arctic Lapland. *Journal of Biogeography*, 28 (1): 31
- Wedephol, K.H., 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica Cosmochimica Acta*, 59 (7): 1217-1232.
- Welch, E.B., 1980. Ecological effects of Waste Water. Cap. 9. Cambridge University Press, Cambridge: 187pp.
- WHO – World Health Organization., 1982 Euro-Reports and Studies, Number 61, Micropollutants in River Sediments, Copenhagen.
- WHO – World Health Organization, 1994. Assessing human health risks of chemical: derivation of guidance values for health based exposures limits. Geneva: 73pp.
- Wickland, D.E., 1990. Vegetation of heavy Metal Tolerance in Plants: Evolutionary Aspects (chapter 4). Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc: 39-51.
- Wilhelm, E. & Laville-Timsit, L., 1980. Optimisation des méthodes de prospection Géochimique régionale. Rapport DGRST (inédit), Diffusion B.R.G.M.
- Williams, R.E., 1975. Waste Production and Disposal in Mining, Milling and Metallurgical Industries. Miller Freeman Publications, Inc.: 489pp.
- Wilson, J.G., Jeffrey, D.W., 1987. Europe-wide indices for monitoring estuarine quality. In: Kramer, K.J.M. (Ed.) *Biological Indicators of Pollution*, Royal Irish Academy, Dublin, Ireland: 225-242.
- Wood, J.M., 1984. Evolutionary aspects of metal ion transport through cell membranes. In: *Metal ions in biological systems*. Chapter 7. Vol. 18. *Circulation of metals in the environment*. H. Sigel (ed.) Marcel Dekker, Inc, New York: 223-237.

Y

- Yong, R.N. & MacDonald, E.M., 1998. Influence of pH, metal Concentration, and Soil Component Removal on Retention of Pb and Cu by an Illitic Soil. Chapter 10: 230 - 251

Z

- Zayed, A., Gowthaman, S. & Terry, N., 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *J. Environmental Quality*, 27: 715-721.
- Zimmerman, C., 1906. *Catalogo das Diatomáceas Portuguesas. I Centuria. Separata do Broteria Série botânica V*: 245-251.
- Zimmerman, C. 1909a. Beitrag zur Kenntnis der Diatomeen. *Flora der Inseln Madeira und Porto Santo. Série Botânica VIII (III)*: 89-103.
- Zimmerman, C., 1909b. *Catalogo das Diatomáceas portuguesas. II e III Centuria. Separata do Broteria Série Botânica VIII (III)*: 89-103.
- Zimmerman, C., 1910. *Catalogo das Diatomáceas portuguesas. IV Centuria. Separata do Broteria Série Botânica IX (II)*: 95-102.
- Zimmerman, C., 1914. *Catalogo das Diatomáceas portuguesas. (Appendice). Broteria (Série Botânica) 12*: 245-251.
- Zimmerman, C., 1915. *Algumas diatomáceas Novas ou Curiosas. Broteria XIII*: 33-36.
- Zimmerman, C., 1917. *Algumas diatomáceas Novas ou Curiosas Série Broteria XV*: 5-7.

- [w₁] <http://www.epa.gov>
- [w₂] <http://educar.sc.usp.br>
- [w₃] <http://europa.eu.int>
- [w₄] <http://www.blackwell-synergy.com/servlet/useragem?func=synergy&synergyAction=showFulltext>
- [w₅] <http://www.ine.pt> (2004/07/17)
- [w₆] <http://mapas.inag.pt/Website/RiosClassifHTML/displayAttributeData.htm> (2005/07/06)
- [w₇] <http://www.ibama.gov.br/~geobr/unep/exo.htm>
- [w₈] http://www.inag.pt/snirh/dados_sintese/qual_ag_anual/classificacao.html (2001/10/04)
- [w₉] http://snirh.inag.pt/cgi-bin/snirh/boletim/qualidadeag/nivqag.tcl?vou_&ago (2000/10/23)
- [w₁₀] <http://www.aultimaarcadenoe.com>
- [w₁₁] <http://www.bdt.org.br>
- [w₁₂] <http://www.bio.uminho.pt>
- [w₁₃] <http://www.cidadevirtual.pt>
- [w₁₄] <http://www.geocities.com>
- [w₁₅] <http://www.inag.pt>
- [w₁₆] <http://mapas.inag.pt/Website/RiosClassifHTML/displayAttributeData.htm> (2005/07/06)
- [w₁₇] http://www.mundoquimico.hpg.ig.com.br/metais_pesados_e_seus_efeitos.htm (27-03-2003).
- [w₁₈] <http://www.ortos.igeo.pt>
- [w₁₉] <http://www.quantific.pt>
- [w₂₀] <http://www.uniagua.org.br>
- [w₂₁] http://snig.igeo.pt/menu/Frameset_produtos.htm
- [w₂₂] <http://sednet.org> consultado em 22/05/2006

ANEXO I

Parâmetros químicos determinados para os sedimentos de linhas de água e de material de escomboreiras.

Tabela I.1

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos. (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; . restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
560835	4524146	SF1	0.2	10	5	91	0.05	0.05	0.05	160	1.66	6	2	5	4	0.1	0.25	0.25	21	0.13
561079	4523884	SF2	0.1	5	2	39	0.05	0.05	0.05	36	0.64	2	2	0.05	4	0.1	0.25	0.25	5	0.05
561558	4523347	SF3	0.4	11	29	59	0.2	7	1	59	1.4	37	5	2	4	0.3	0.25	1.6	17	0.03
562070	4523608	SF4	0.2	4	25	46	0.1	2	0.05	33	0.72	17	3	2	3	0.1	0.25	1	5	0.04
562073	4523830	SF5	0.5	19	12	56	0.05	13	4	129	2.31	23	2	4	3	0.1	0.7	1.4	40	0.01
562061	4524026	SF6	0.2	11	10	47	0.05	10	3	76	1.58	13	1	4	2	0.1	0.9	1.3	27	0.02
562182	4524449	SF7	0.3	4	9	27	0.05	4	1	30	0.81	5	1	4	2	0.1	0.25	1	11	0.02
562221	4524576	SF8	0.4	9	13	24	0.05	8	2	54	1.81	10	2	2	2	0.1	0.25	1.3	21	0.01
562307	4525115	SF9	0.5	11	8	23	0.05	7	2	65	3.48	70	0.05	2	2	0.2	0.25	1.7	26	0.01
561863	4525327	SF10	0.5	11	10	16	0.05	1	0.05	47	1.78	13	8	5	3	0.1	0.25	0.25	24	0.005
561738	4525208	SF11	0.5	13	12	19	0.2	7	2	52	1.67	14	8	3	2	0.1	0.25	0.25	27	0.005
562986	4523543	SF12	0.6	10	10	32	0.05	3	1	52	1.39	11	8	4	3	0.1	0.25	0.25	22	0.01
562500	4523851	SF13	0.7	17	24	44	0.1	11	4	112	2.38	23	10	4	4	0.2	0.25	0.25	45	0.01
562454	4523410	SF14	0.2	3	11	22	0.05	2	1	27	0.59	9	7	2	3	0.1	0.25	0.25	9	0.01
560142	4523405	SF15	0.8	18	17	58	0.05	14	4	169	2.31	38	7	4	4	0.2	0.25	0.25	29	0.05
560458	4524132	SF16	0.4	15	20	125	0.1	7	2	210	1.18	11	8	3	6	0.2	0.25	0.25	18	0.08
561255	4522227	SF17	1	15	27	31	0.3	14	3	95	2.54	155	7	6	3	0.5	0.25	1.4	24	0.005
560754	4522540	SF18	0.6	13	19	57	0.05	12	5	216	2.6	96	6	4	4	0.4	1	0.25	27	0.01
560271	4522624	SF19	0.5	11	12	28	0.05	8	3	116	1.82	32	5	3	2	0.1	0.25	0.25	28	0.005
561145	4522473	SF20	0.6	10	13	44	0.05	8	3	146	2.18	69	5	2	2	0.2	0.25	0.25	23	0.01
559551	4524952	SF21	0.4	6	18	31	0.1	5	1	45	1.01	8	8	2	3	0.1	0.25	0.25	14	0.03
559709	4525016	SF22	0.4	3	21	98	0.5	8	2	32	0.77	33	28	5	9	0.2	0.25	0.25	4	0.005
559441	4525230	SF23	0.4	12	14	57	0.1	11	3	109	1.3	13	7	2	6	0.1	0.25	0.25	20	0.12
559756	4525188	SF24	0.4	11	18	84	0.1	6	2	94	1.25	14	7	7	6	0.2	0.25	0.25	18	0.14
559635	4525534	SF25	0.4	3	18	36	0.2	2	1	30	0.87	47	12	3	4	0.2	0.25	0.25	4	0.04
560236	4525197	SF26	0.3	4	15	43	0.05	3	1	50	0.68	14	7	4	4	0.1	0.25	0.25	8	0.13
557448	4523356	SF27	0.6	48	21	115	0.1	19	6	198	2.46	17	7	8	6	0.1	0.25	0.25	49	0.07
557374	4522840	SF28	0.5	22	33	96	0.4	6	7	618	1.18	15	14	5	6	0.4	0.25	1.1	10	0.05

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos. (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; . restantes elementos em mg kg⁻¹)

M	P	Código	P*	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na*	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
560835	4524146	SF1	0.005	13	2	0.31	2	0.051	2	1.21	0.006	0.21	0.5	0.5	2.1	1	0.001	0.5
561079	4523884	SF2	0.003	9	0.5	0.07	1	0.009	1	0.75	0.003	0.06	0.5	0.5	0.4	1	0.001	0.5
561558	4523347	SF3	0.048	10	15	0.19	17	0.024	2	1.28	0.003	0.12	0.5	0.5	1.6	2	0.02	4
562070	4523608	SF4	0.044	13	4	0.08	8	0.013	2	0.6	0.003	0.07	0.5	0.5	0.4	0.5	0.02	4
562073	4523830	SF5	0.03	15	38	0.5	37	0.095	0.5	1.69	0.005	0.3	0.5	0.5	3.7	2	0.001	6
562061	4524026	SF6	0.03	12	23	0.29	28	0.063	1	1.25	0.005	0.22	0.5	0.5	2.4	1	0.001	6
562182	4524449	SF7	0.024	9	9	0.1	13	0.027	0.5	0.7	0.003	0.08	0.5	0.5	0.9	1	0.02	3
562221	4524576	SF8	0.026	11	19	0.22	20	0.029	0.5	1.12	0.003	0.11	0.5	0.5	1.6	0.5	0.03	4
562307	4525115	SF9	0.023	11	21	0.3	16	0.026	0.5	1.17	0.003	0.1	0.5	0.5	1.8	1	0.03	3
561863	4525327	SF10	0.003	14	5	0.14	3	0.028	0.5	0.99	0.002	0.09	1	0.5	2.2	3	0.001	0.5
561738	4525208	SF11	0.022	12	22	0.23	19	0.032	1	1.25	0.003	0.13	1	0.5	2.3	2	0.03	5
562986	4523543	SF12	0.02	10	18	0.24	15	0.05	0.5	0.99	0.004	0.16	0.5	0.5	1.5	2	0.001	5
562500	4523851	SF13	0.05	9	36	0.36	52	0.075	1	2.24	0.008	0.28	1	0.5	3.4	0.5	0.06	7
562454	4523410	SF14	0.023	8	7	0.1	11	0.018	3	0.63	0.004	0.08	0.5	0.5	0.5	0.5	0.03	3
560142	4523405	SF15	0.057	9	28	0.41	36	0.057	1	1.78	0.005	0.22	1	0.5	2.5	3	0.02	6
560458	4524132	SF16	0.095	9	16	0.23	30	0.039	0.5	1.22	0.005	0.19	0.5	0.5	1.3	1	0.07	5
561255	4522227	SF17	0.034	9	26	0.21	21	0.028	1	2.93	0.003	0.13	1	0.5	2.2	0.5	0.02	9
560754	4522540	SF18	0.033	10	25	0.47	38	0.048	0.5	2.33	0.003	0.19	2	0.5	2.8	1	0.001	7
560271	4522624	SF19	0.018	9	20	0.33	17	0.037	0.5	1.11	0.003	0.13	0.5	0.5	1.9	3	0.001	5
561145	4522473	SF20	0.023	8	20	0.37	34	0.055	0.5	1.99	0.003	0.2	1	0.5	1.9	2	0.001	7
559551	4524952	SF21	0.045	13	11	0.12	16	0.025	1	1.07	0.003	0.1	0.5	0.5	0.9	2	0.04	5
559709	4525016	SF22	0.189	25	5	0.09	15	0.008	0.5	2.26	0.003	0.08	0.5	0.5	0.8	0.5	0.03	5
559441	4525230	SF23	0.078	13	23	0.26	33	0.037	0.5	1.22	0.006	0.22	0.5	0.5	1.9	0.5	0.04	5
559756	4525188	SF24	0.086	14	14	0.22	28	0.048	0.5	1.19	0.006	0.21	0.5	0.5	1.4	0.5	0.04	5
559635	4525534	SF25	0.073	13	4	0.07	14	0.004	0.5	1.18	0.004	0.06	1	0.5	0.1	0.5	0.05	4
560236	4525197	SF26	0.06	9	6	0.09	12	0.013	0.5	0.76	0.004	0.08	0.5	0.5	0.5	0.5	0.03	3
557448	4523356	SF27	0.095	13	43	0.54	75	0.166	0.5	2.39	0.01	0.57	0.5	3	6.1	2	0.03	8
557374	4522840	SF28	0.13	17	9	0.15	33	0.03	0.5	3.5	0.006	0.15	0.5	0.5	1.3	3	0.06	8

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
557743	4522911	SF29	0.6	12	21	103	0.05	12	3	128	1.98	15	19	14	6	0.1	0.25	0.8	26	0.02
557911	4522915	SF30	0.4	9	14	58	0.2	11	5	158	1.5	15	6	5	3	0.1	0.25	0.25	25	0.04
558751	4522963	SF31	0.4	12	13	34	0.1	9	2	92	1.78	29	6	5	2	0.1	0.6	0.25	25	0.01
558603	4522551	SF32	0.4	10	18	67	0.2	16	7	187	1.72	13	6	2	5	0.1	0.25	0.25	31	0.04
558492	4522266	SF33	0.6	12	28	76	0.4	13	5	242	1.96	22	8	4	5	0.2	0.25	0.25	32	0.03
560902	4524652	SF34	0.4	15	17	54	0.05	6	2	83	1.82	16	2	3	3	0.2	0.25	0.25	26	0.05
561275	4524592	SF35	0.4	17	22	68	0.1	8	4	212	1.42	37	4	3	6	0.2	0.25	0.5	18	0.13
561245	4524481	SF36	0.3	12	14	57	0.05	9	3	96	1.71	14	2	2	4	0.1	0.25	0.25	26	0.07
563405	4524045	SF37	0.1	3	22	11	0.05	3	0.05	12	0.46	7	3	0.5	2	0.1	0.25	0.7	5	0.005
563716	4524825	SF38	0.9	33	11	30	0.1	20	5	71	3.01	18	1	0.5	2	0.1	0.25	0.25	43	0.005
560187	4524741	SF39	0.2	4	9	23	0.1	5	1	30	0.81	7	3	0.5	2	0.1	0.25	0.25	12	0.01
558888	4524166	SF40	0.7	22	16	59	0.1	23	30	623	3.45	22	1	1	5	0.3	0.25	0.25	39	0.02
559215	4523135	SF41	0.4	17	16	64	0.05	18	7	204	2.49	13	2	1	4	0.1	0.25	0.25	39	0.02
558101	4523719	SF42	0.3	9	10	36	0.05	8	3	99	1.35	9	2	3	2	0.1	0.25	0.25	20	0.04
559348	4521856	SF43	0.5	12	26	71	0.1	17	11	322	2.04	20	6	3	7	0.3	0.25	0.25	28	0.08
559475	4521787	SF44	0.5	14	16	74	0.1	21	19	442	2.51	18	4	2	5	0.2	0.6	0.25	35	0.03
559476	4522298	SF45	0.3	11	12	47	0.2	15	9	211	1.8	13	1	0.5	5	0.2	0.25	0.25	25	0.02
559663	4521486	SF46	0.5	18	25	57	0.3	10	3	102	1.51	23	8	0.5	6	0.1	0.25	0.5	19	0.06
558656	4525188	SF47	0.8	25	21	43	0.1	19	7	157	2.81	8	4	4	5	0.1	0.7	0.6	48	0.04
553291.4	4522281	C1	0.1	13	14	62	0.05	7	3	107	1.27	8	2	7	3	0.01	0.5	0.25	18	0.06
553615.9	4522512	C2	0.1	12	24	60	0.05	7	3	95	1.26	7	2	7	3	0.01	0.25	0.25	16	0.05
554011.6	4522335	C3	0.1	33	46	117	0.2	10	12	565	2.09	21	8	9	7	0.4	0.6	0.25	22	0.11
555004.6	4522469	C4	0.3	20	212	121	0.1	6	3	119	1.43	20	11	27	9	0.01	1.2	0.25	14	0.13
554653.8	4522699	C5	0.1	23	25	97	0.1	6	4	379	1.35	5	7	7	10	0.3	0.6	0.25	14	0.23
554980.3	4521455	C6	0.3	75	77	133	0.2	12	8	482	1.82	18	9	3	13	0.6	0.9	0.25	22	0.24
555685.9	4522365	C7	0.1	17	24	95	0.1	13	8	315	2.17	19	4	7	5	0.2	0.25	0.25	28	0.08
554648.8	4523007	C8	0.1	26	27	118	0.1	5	2	191	1.36	8	7	11	8	0.2	0.8	0.25	14	0.16
552049	4520704	C9	0.1	46	25	89	0.1	13	6	196	2.08	13	3	7	6	0.2	0.25	0.25	31	0.08

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P*	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
557743	4522911	SF29	0.072	23	23	0.32	32	0.113	0.5	4.37	0.005	0.39	0.5	0.5	5.4	2	0.03	12
557911	4522915	SF30	0.047	12	21	0.27	37	0.063	0.5	1.93	0.006	0.23	0.5	0.5	2.3	3	0.02	6
558751	4522963	SF31	0.028	16	22	0.31	26	0.052	0.5	1.37	0.004	0.17	1	0.5	2.1	0.5	0.02	5
558603	4522551	SF32	0.05	10	26	0.3	37	0.045	0.5	1.72	0.005	0.18	0.5	0.5	2.6	1	0.02	7
558492	4522266	SF33	0.065	10	28	0.29	40	0.064	0.5	2.64	0.005	0.28	0.5	0.5	2.8	1	0.03	8
560902	4524652	SF34	0.065	12	23	0.29	32	0.066	2	1.28	0.01	0.27	0.5	0.5	2.3	0.5	0.03	5
561275	4524592	SF35	0.116	13	16	0.19	31	0.032	1	1.25	0.007	0.16	1	0.5	1.6	0.5	0.05	4
561245	4524481	SF36	0.047	11	23	0.29	32	0.057	3	1.3	0.006	0.21	0.5	0.5	2.5	2	0.03	5
563405	4524045	SF37	0.035	9	5	0.04	13	0.009	0.5	0.88	0.004	0.06	0.5	0.5	0.3	0.5	0.04	3
563716	4524825	SF38	0.031	14	41	0.32	33	0.041	1	2.34	0.005	0.16	0.5	0.5	3.5	1	0.03	6
560187	4524741	SF39	0.03	10	10	0.12	18	0.026	1	0.81	0.004	0.1	0.5	0.5	0.9	0.5	0.04	3
558888	4524166	SF40	0.047	14	32	0.34	50	0.058	0.5	1.97	0.008	0.22	0.5	0.5	3.3	2	0.04	6
559215	4523135	SF41	0.037	12	34	0.4	60	0.109	1	1.8	0.009	0.35	0.5	0.5	4	2	0.001	5
558101	4523719	SF42	0.041	13	17	0.21	30	0.054	0.5	0.99	0.005	0.2	0.5	0.5	2.1	0.5	0.001	4
559348	4521856	SF43	0.081	12	23	0.24	49	0.048	1	2.04	0.008	0.21	0.5	0.5	2.4	1	0.03	6
559475	4521787	SF44	0.061	9	31	0.36	65	0.077	0.5	2.11	0.009	0.28	0.5	0.5	3.4	2	0.03	6
559476	4522298	SF45	0.031	8	21	0.2	42	0.052	0.5	1.28	0.004	0.15	0.5	0.5	2.2	2	0.02	4
559663	4521486	SF46	0.163	10	19	0.18	31	0.028	0.5	1.95	0.005	0.15	0.5	0.5	1.4	0.5	0.05	5
558656	4525188	SF47	0.065	10	42	0.44	59	0.066	0.5	1.99	0.008	0.29	0.5	0.5	4	2	0.08	7
553291.4	4522281	C1	0.039	15	13	0.26	32	0.067	3	1.26	0.003	0.2	1	0.05	1.8	0.05	0.005	4
553615.9	4522512	C2	0.039	14	13	0.26	30	0.067	3	1.26	0.002	0.2	1	0.05	1.8	0.05	0.005	4
554011.6	4522335	C3	0.113	26	15	0.3	46	0.063	4	2.06	0.006	0.25	1	1	2.1	0.05	0.04	5
555004.6	4522469	C4	0.066	39	9	0.25	23	0.053	1	2.3	0.002	0.22	0.05	1	2	0.05	0.005	6
554653.8	4522699	C5	0.102	24	10	0.24	30	0.055	3	1.67	0.004	0.2	0.05	0.05	1.6	0.05	0.03	5
554980.3	4521455	C6	0.116	22	15	0.26	63	0.041	3	2.81	0.01	0.2	0.05	0.05	1.9	1	0.07	7
555685.9	4522365	C7	0.074	17	23	0.4	51	0.102	3	2.09	0.006	0.33	1	1	3.1	1	0.02	5
554648.8	4523007	C8	0.063	26	8	0.25	30	0.05	2	1.51	0.004	0.2	0.05	0.05	1.3	0.05	0.02	5
552049	4520704	C9	0.062	17	26	0.4	58	0.1	5	2.02	0.006	0.3	0.05	1	3.3	0.05	0.02	6

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
551609.1	4520631	C10	0.1	88	37	107	0.2	16	8	238	2.4	17	6	6	21	0.3	1	0.25	41	0.68
551990.8	4520593	C11	0.1	30	21	114	0.1	17	11	462	2.86	4	0.05	4	14	0.2	0.25	0.25	42	0.13
552843.9	4520719	C12	0.1	50	32	124	0.2	31	13	444	3.35	7	2	6	13	0.5	1	0.5	68	0.17
553302	4521124	C13	0.4	72	29	103	0.1	10	5	291	1.41	2	7	5	14	0.3	0.7	0.25	18	0.25
552198.2	4520884	C14	0.2	48	30	118	0.1	23	12	381	3.18	19	1	5	6	0.2	0.7	0.25	56	0.1
551723.3	4520241	C15	0.1	42	20	89	0.1	13	8	432	2.42	7	0.05	4	12	0.2	0.6	0.25	46	0.11
551112.4	4520504	C16	0.1	35	28	119	0.1	16	9	372	2.53	9	0.05	5	9	0.3	0.25	0.25	44	0.11
550926.3	4520596	C17	0.2	117	48	172	0.1	15	9	474	2.68	22	2	6	10	0.5	0.9	0.25	40	0.19
550946.2	4520668	C18	0.1	58	36	121	0.1	14	8	333	2.37	10	1	5	9	0.3	0.25	0.25	38	0.12
550706	4521213	C19	5	158	82	915	6.8	80	13	338	2.41	34	6	3	16	2.2	1.4	0.8	34	0.44
550851.8	4521284	C20	0.9	128	58	243	0.9	28	6	257	2.26	28	3	5	15	0.6	1	0.25	35	0.58
550657.5	4522322	C21	0.3	66	53	265	0.2	15	5	171	1.97	27	6	5	10	1.3	0.9	0.25	28	0.19
550231.3	4520500	C22	0.5	216	53	184	0.2	16	6	252	2.19	24	2	2	14	0.6	1	0.25	28	0.4
550233.3	4520673	C23	0.7	28	30	88	0.2	14	3	113	1.34	9	3	7	4	0.01	0.6	0.25	19	0.1
549830.9	4520874	C24	1	99	55	311	1.6	29	8	179	2.23	19	5	4	12	1	1.5	0.25	36	0.19
549834.7	4520486	C25	1.3	32	29	94	0.5	33	3	101	1.51	12	3	8	4	0.2	0.8	0.25	21	0.09
549472.5	4519906	C26	1.4	35	38	159	0.4	27	7	321	1.94	20	4	6	7	0.5	0.8	0.25	25	0.15
548860.1	4519850	C27	0.6	61	43	203	1.3	24	9	385	2.16	20	4	4	10	0.7	1.4	0.25	29	0.19
548614.1	4519864	C28	0.2	35	21	93	0.1	11	6	189	1.92	43	5	6	5	0.01	0.7	0.25	22	0.07
548788.4	4519524	C29	0.7	67	43	164	0.8	21	9	421	2.1	26	4	7	9	0.6	0.8	0.25	25	0.15
548342.2	4519322	C30	0.5	39	29	126	0.3	16	4	137	1.79	15	3	6	5	0.4	1.2	0.25	25	0.09
548444.9	4518591	C31	0.9	49	39	205	2.5	27	8	417	2.09	26	4	4	9	0.7	1	0.25	29	0.14
548721.2	4518524	C32	0.1	74	31	130	0.2	37	20	506	3.76	63	1	4	12	0.4	0.25	0.25	49	0.12
547688.2	4518931	C33	0.1	33	32	127	0.4	15	6	238	1.92	22	3	5	6	0.4	0.8	0.25	27	0.13
548017.5	4518779	C34	0.2	39	31	156	0.6	19	6	238	1.94	21	3	5	6	0.5	1.5	0.25	27	0.12
547162.9	4519122	C35	0.3	66	59	153	0.2	19	12	725	2.83	52	4	7	11	0.6	0.8	0.6	37	0.16
547403.9	4520726	C36	0.6	82	72	228	0.2	27	12	386	3.09	63	1	6	11	0.9	1.2	0.25	39	0.27
547216.1	4518969	C37	0.4	36	32	116	0.4	17	5	177	1.82	19	2	6	5	0.4	0.9	0.25	24	0.11

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P*	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
551609.1	4520631	C10	0.095	19	30	0.47	73	0.1	2	2.57	0.008	0.31	0.05	0.05	3.9	0.05	0.05	7
551990.8	4520593	C11	0.043	24	26	0.58	130	0.138	0.05	2.65	0.009	0.44	1	1	4.8	1	0.01	8
552843.9	4520719	C12	0.074	21	58	0.75	140	0.192	1	2.98	0.014	0.55	1	0.05	7.1	0.05	0.03	9
553302	4521124	C13	0.092	20	16	0.3	61	0.063	7	1.79	0.009	0.26	0.05	0.05	2	0.05	0.04	5
552198.2	4520884	C14	0.06	17	40	0.59	108	0.153	0.05	2.51	0.009	0.43	1	1	6.1	2	0.02	7
551723.3	4520241	C15	0.027	16	23	0.56	118	0.144	0.05	2.23	0.009	0.39	0.05	1	4.7	1	0.01	7
551112.4	4520504	C16	0.041	16	29	0.53	96	0.128	0.05	2.14	0.007	0.39	0.05	1	4.6	3	0.005	7
550926.3	4520596	C17	0.084	20	24	0.42	84	0.065	3	2.16	0.006	0.26	0.05	0.05	3.8	0.05	0.03	7
550946.2	4520668	C18	0.06	17	26	0.48	89	0.107	2	2.1	0.005	0.34	0.05	1	4	1	0.03	7
550706	4521213	C19	0.298	16	129	0.34	151	0.055	4	2.41	0.028	0.31	2	1	2.8	0.05	0.2	6
550851.8	4521284	C20	0.146	15	52	0.36	91	0.09	2	1.92	0.015	0.32	0.05	0.05	3.7	1	0.07	6
550657.5	4522322	C21	0.143	17	23	0.3	79	0.061	2	2.04	0.008	0.25	1	1	2.9	0.05	0.08	6
550231.3	4520500	C22	0.131	15	26	0.31	84	0.035	1	2.11	0.006	0.17	0.05	1	2.3	0.05	0.09	6
550233.3	4520673	C23	0.062	21	24	0.25	42	0.06	2	1.17	0.003	0.18	2	0.05	2.1	0.05	0.02	4
549830.9	4520874	C24	0.138	17	42	0.44	110	0.078	2	2.51	0.009	0.32	0.05	1	3.7	0.05	0.09	7
549834.7	4520486	C25	0.06	20	57	0.26	46	0.052	5	1.34	0.004	0.17	1	0.05	2.4	0.05	0.03	4
549472.5	4519906	C26	0.088	18	40	0.31	60	0.058	2	1.8	0.005	0.21	1	1	2.7	1	0.02	5
548860.1	4519850	C27	0.13	15	35	0.35	84	0.062	2	2.02	0.007	0.25	1	1	2.9	0.05	0.06	6
548614.1	4519864	C28	0.04	17	17	0.19	41	0.023	0.05	1.26	0.002	0.12	1	1	2	0.05	0.01	4
548788.4	4519524	C29	0.103	20	34	0.31	74	0.051	2	1.88	0.008	0.2	1	1	2.9	0.05	0.04	6
548342.2	4519322	C30	0.07	18	26	0.3	59	0.059	1	1.66	0.004	0.22	1	0.05	2.7	0.05	0.03	5
548444.9	4518591	C31	0.131	17	39	0.31	77	0.044	0.05	1.97	0.006	0.21	1	1	2.8	0.05	0.05	5
548721.2	4518524	C32	0.073	19	37	0.6	82	0.04	1	2.36	0.008	0.21	1	1	3.9	0.05	0.03	7
547688.2	4518931	C33	0.072	17	24	0.32	55	0.054	0.05	1.64	0.003	0.21	0.05	0.05	2.8	0.05	0.02	5
548017.5	4518779	C34	0.09	16	28	0.33	65	0.059	0.05	1.71	0.005	0.22	1	0.05	2.8	0.05	0.03	5
547162.9	4519122	C35	0.107	20	30	0.26	85	0.014	1	2.02	0.008	0.13	1	1	3.2	1	0.04	7
547403.9	4520726	C36	0.132	26	30	0.49	58	0.005	1	1.95	0.004	0.08	1	0.05	2.7	0.05	0.03	7
547216.1	4518969	C37	0.073	16	28	0.3	56	0.056	4	1.48	0.006	0.2	1	1	2.6	1	0.02	4

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
547240	4518563	C38	1.4	35	29	130	0.6	23	6	191	1.86	19	3	5	6	0.5	0.8	0.25	27	0.11
547188.4	4518185	C39	0.4	48	39	216	1	23	8	306	2.04	22	4	5	9	0.8	0.5	0.25	28	0.16
547327.5	4517872	C40	0.1	117	64	146	0.6	32	19	573	3.78	52	0.05	4	17	1	1.1	0.25	42	0.18
547260.6	4517589	C41	0.6	43	34	130	0.4	18	6	207	1.97	20	4	5	6	0.2	1	0.25	29	0.08
546453.3	4518089	C42	0.1	45	37	105	0.1	37	31	1121	5.98	72	0.05	5	10	1.2	0.25	0.25	64	0.09
546615.1	4517709	C43	0.4	40	34	89	0.2	14	4	98	1.53	11	3	7	5	0.2	0.9	0.25	23	0.06
546338.6	4517830	C44	0.1	60	27	86	0.05	31	17	215	2.84	29	0.05	5	16	0.6	0.6	0.25	60	0.08
546259.4	4517437	C45	0.1	65	39	150	0.1	30	20	488	3.19	31	0.05	3	20	1	0.25	0.5	81	0.18
546303.8	4516918	C46	0.3	37	32	106	0.2	16	4	114	1.42	14	2	5	4	0.2	1.5	0.25	23	0.08
546508.3	4517325	C47	0.6	71	35	161	0.5	24	6	183	1.84	17	4	8	6	0.5	1.4	0.25	25	0.12
546489.4	4516974	C48	0.1	49	28	70	0.1	29	9	165	3.51	31	0.05	6	7	0.5	1.2	0.25	58	0.06
546028	4516792	C49	0.3	27	31	84	0.1	13	5	161	1.95	20	3	8	3	0.2	1.4	0.25	29	0.04
545907.3	4516052	C50	0.3	61	39	157	0.3	23	9	277	2.29	23	2	6	6	0.4	0.6	0.25	36	0.15
546028.4	4515860	C51	0.1	44	26	105	0.1	29	15	340	3.13	20	0.05	4	14	0.8	1.3	0.25	70	0.15
546190.3	4515467	C52	0.2	48	34	172	0.5	22	7	224	2.11	16	3	6	7	0.5	0.8	0.25	35	0.14
546321	4515425	C53	0.3	59	40	102	0.1	29	14	197	3.71	28	0.05	4	15	0.6	1.3	0.25	81	0.14
546201.6	4515072	C54	0.6	51	44	184	0.5	23	11	518	2.35	19	2	5	6	0.6	1.3	0.25	38	0.13
546444.1	4514760	C55	0.5	66	73	329	0.5	65	32	1485	4.34	53	0.05	4	16	3.8	1.5	0.5	41	0.39
546116.4	4514570	C56	0.7	35	33	98	0.3	18	5	162	1.71	17	3	8	6	0.2	1.3	0.25	24	0.07
545916.7	4513121	C57	0.5	19	27	77	0.1	16	8	319	2.13	10	4	5	20	0.5	0.6	0.25	29	0.16
545977.8	4512981	C58	0.5	45	41	197	0.7	21	8	416	2.05	17	3	4	7	0.7	1.2	0.25	31	0.14
546016.2	4513690	C59	0.8	28	24	108	0.6	18	6	263	1.76	15	4	7	5	0.3	1.1	0.25	25	0.09
545654.4	4514180	C60	0.4	35	37	141	0.4	18	7	295	1.99	22	2	7	6	0.4	0.8	0.25	29	0.13
545493.6	4513783	C61	0.2	11	22	51	0.05	10	10	609	2.54	20	3	8	14	0.3	1	0.7	22	0.1
547100.5	4513267	C62	0.8	56	36	126	0.2	35	13	211	4.44	74	0.05	4	11	0.9	1.4	0.25	52	0.15
546725.2	4512227	C63	0.4	82	206	199	0.2	29	21	744	3.68	37	0.05	5	15	0.9	0.7	0.25	55	0.34
545926.6	4512296	C64	0.7	58	47	154	0.5	20	8	228	2.05	27	3	8	6	0.5	1.1	0.25	29	0.11
545972.2	4512231	C65	0.2	40	63	131	0.1	29	16	573	4.07	36	0.05	6	10	0.7	1	0.25	59	0.13

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P*	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
547240	4518563	C38	0.082	14	35	0.3	56	0.052	0.05	1.6	0.005	0.2	1	0.05	2.7	1	0.03	5
547188.4	4518185	C39	0.131	17	30	0.33	80	0.05	4	1.76	0.008	0.21	0.05	0.05	2.8	0.05	0.06	5
547327.5	4517872	C40	0.111	19	29	0.43	101	0.011	0.05	2.26	0.006	0.12	0.05	0.05	3.4	0.05	0.05	7
547260.6	4517589	C41	0.085	15	28	0.33	64	0.06	0.05	1.78	0.007	0.2	1	1	3	1	0.04	5
546453.3	4518089	C42	0.043	15	45	0.5	94	0.079	1	2.89	0.007	0.25	1	0.05	5.7	1	0.04	8
546615.1	4517709	C43	0.061	19	25	0.31	47	0.062	1	1.56	0.004	0.21	2	1	2.8	0.05	0.04	5
546338.6	4517830	C44	0.025	16	46	0.6	93	0.101	0.05	2.52	0.01	0.33	0.05	0.05	6	1	0.04	8
546259.4	4517437	C45	0.063	18	57	0.54	112	0.09	4	2.53	0.013	0.26	1	1	8.1	1	0.03	8
546303.8	4516918	C46	0.064	14	26	0.26	42	0.048	3	1.22	0.003	0.16	0.05	0.05	2.3	0.05	0.03	4
546508.3	4517325	C47	0.101	22	30	0.31	61	0.054	4	1.67	0.004	0.19	1	0.05	2.9	0.05	0.04	5
546489.4	4516974	C48	0.038	23	41	0.74	58	0.071	2	2.79	0.005	0.27	1	0.05	5.9	0.05	0.03	7
546028	4516792	C49	0.05	22	22	0.33	46	0.064	3	1.69	0.003	0.2	0.05	1	3.1	1	0.02	5
545907.3	4516052	C50	0.08	13	32	0.5	58	0.06	1	1.61	0.005	0.21	1	0.05	3.7	0.05	0.25	6
546028.4	4515860	C51	0.037	18	49	0.54	82	0.068	1	2.56	0.009	0.19	1	0.05	7.6	0.05	0.03	8
546190.3	4515467	C52	0.097	16	33	0.48	67	0.063	0.05	1.66	0.006	0.22	1	0.05	3.6	0.05	0.1	5
546321	4515425	C53	0.094	18	59	0.42	86	0.06	5	3.17	0.012	0.2	0.05	0.05	8.9	0.05	0.05	9
546201.6	4515072	C54	0.092	14	35	0.53	76	0.07	3	1.82	0.006	0.24	1	0.05	3.9	0.05	0.09	6
546444.1	4514760	C55	0.115	23	36	0.64	109	0.014	0.05	2.44	0.01	0.1	1	0.05	4.2	0.05	0.07	6
546116.4	4514570	C56	0.069	20	29	0.32	48	0.055	0.05	1.44	0.003	0.18	1	0.05	2.7	1	0.04	5
545916.7	4513121	C57	0.04	21	25	0.37	102	0.068	4	2.44	0.012	0.24	1	0.05	3.5	0.05	0.04	8
545977.8	4512981	C58	0.117	15	30	0.38	74	0.058	1	1.79	0.005	0.22	1	1	3.2	0.05	0.07	6
546016.2	4513690	C59	0.061	18	28	0.33	49	0.063	0.05	1.46	0.002	0.19	1	0.05	2.9	1	0.03	4
545654.4	4514180	C60	0.076	17	27	0.37	59	0.067	0.05	1.69	0.003	0.23	1	0.05	3.2	2	0.04	5
545493.6	4513783	C61	0.027	26	15	0.26	73	0.028	5	2.18	0.009	0.15	1	0.05	2.7	1	0.02	7
547100.5	4513267	C62	0.068	16	34	0.6	63	0.011	2	2.21	0.006	0.1	1	1	4.1	0.05	0.38	6
546725.2	4512227	C63	0.099	19	40	0.4	83	0.015	2	1.83	0.006	0.1	1	0.05	5.6	1	0.08	6
545926.6	4512296	C64	0.089	21	29	0.36	66	0.065	0.05	1.76	0.005	0.23	1	0.05	3.2	2	0.05	6
545972.2	4512231	C65	0.042	20	39	0.79	93	0.174	1	3.36	0.015	0.56	1	0.05	7.1	2	0.03	10

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
545817.8	4511786	C66	1.4	2318	2977	123	9.2	56	29	311	2.72	818	4	6	8	0.7	17.6	7.2	28	0.19
545958.2	4511209	C67	0.5	367	298	219	1.2	37	25	691	3.37	91	3	7	10	1.3	1.5	1.4	55	0.19
546012	4510590	C68	0.7	620	86	101	0.7	29	15	222	2.12	138	3	6	4	0.3	0.6	0.5	28	0.07
545695.7	4510772	C69	0.5	303	384	338	0.8	60	43	378	2.73	75	2	4	19	1.7	1.2	1.1	40	0.24
546043.9	4510376	C70	1.1	240	178	232	1.3	41	26	333	2.51	198	4	5	10	1	1.5	0.9	34	0.19
545638.6	4510467	C71	0.7	107	68	143	0.7	27	10	158	1.95	56	3	4	7	0.4	0.5	0.5	26	0.16
545392.5	4510221	C72	0.5	121	70	120	0.3	18	14	466	2.24	46	2	5	14	0.6	1.2	0.25	32	0.16
545469.5	4509578	C73	1.1	256	150	149	0.8	20	9	236	2.01	69	7	5	4	0.2	1.5	0.25	27	0.07
545382.7	4509238	C74	0.8	205	151	182	0.9	26	16	523	2.06	79	2	5	6	0.6	2	0.5	24	0.13
547097.9	4510474	C75	0.4	53	397	303	0.6	34	14	177	3.94	43	0.05	5	9	1.3	0.25	0.25	35	0.19
546900.9	4510580	C76	0.7	56	204	152	0.2	34	15	642	3.28	50	0.05	3	17	0.5	0.8	0.25	23	0.21
547035.7	4509695	C77	0.5	44	258	329	0.2	39	19	704	3.12	37	0.05	3	11	1.5	0.7	0.25	27	0.17
546964.6	4509295	C78	0.5	39	259	287	0.1	35	17	578	3.24	37	0.05	4	11	1	0.7	0.25	25	0.15
547161.6	4508948	C79	0.6	97	2536	932	1.8	66	39	939	5.79	87	0.05	4	12	7.9	2.3	0.25	24	0.31
547156.9	4508440	C80	0.4	52	640	450	0.5	47	22	789	4.07	48	0.05	4	14	2.1	1.2	0.25	29	0.21
547233.8	4508285	C81	0.6	37	62	128	1.6	38	18	739	3.49	27	0.05	4	13	0.2	0.8	0.25	14	0.19
546539.4	4508158	C82	0.4	30	93	220	0.4	33	14	647	4.09	30	0.05	8	13	1.4	1.6	0.25	31	0.14
546339.6	4507812	C83	0.3	39	585	353	0.6	36	17	528	3.73	48	0.05	5	8	1.4	0.8	0.25	25	0.13
546399	4507172	C84	0.9	31	35	50	0.2	17	9	235	3.16	197	0.05	19	22	0.01	1.3	0.25	15	0.18
546082.5	4506691	C85	0.5	31	179	274	0.3	50	39	1092	3.34	186	0.05	11	13	1.9	1.4	0.25	16	0.08
544983.3	4508998	C86	0.6	21	337	52	0.1	7	8	247	2.06	25	1	11	4	0.01	1.8	0.25	17	0.04
545103.9	4508756	C87	1.1	130	107	242	1.2	27	11	252	2.29	66	3	6	8	1.1	1.5	0.6	29	0.14
545343.2	4508452	C88	0.7	112	81	172	0.6	21	10	284	2.06	51	2	6	6	0.6	0.8	0.25	26	0.1
545047.4	4508394	C89	0.6	16	367	76	0.4	20	20	978	5.12	43	0.05	13	7	0.5	1.3	0.25	31	0.08
545405.8	4507744	C90	0.7	82	317	201	1	25	23	827	2.91	52	3	7	9	0.7	1.9	0.25	29	0.16
545313.8	4507660	C91	0.3	22	397	112	0.5	16	20	910	3.58	44	2	14	8	0.2	3	0.25	21	0.08
545809.6	4507090	C92	0.7	141	121	258	1.1	29	19	639	2.39	55	3	6	9	1.1	1.8	0.6	29	0.18
546101.8	4506528	C93	0.7	74	238	254	0.5	37	28	633	3.29	89	0.05	9	10	1	1.5	0.25	24	0.11

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
545817.8	4511786	C66	0.076	15	23	0.4	46	0.063	0.05	1.62	0.004	0.23	2	0.05	3.3	2	0.14	6
545958.2	4511209	C67	0.06	21	43	0.73	107	0.157	0.05	3.17	0.006	0.47	0.05	0.05	8	0.05	0.05	11
546012	4510590	C68	0.08	35	32	0.34	45	0.057	0.05	1.8	0.002	0.21	7	0.05	3.2	1	0.07	6
545695.7	4510772	C69	0.058	19	30	0.47	122	0.074	4	2.39	0.013	0.32	7	0.05	4.8	1	0.06	7
546043.9	4510376	C70	0.115	15	38	0.43	85	0.068	0.05	2.15	0.006	0.26	14	0.05	3.6	0.05	0.1	6
545638.6	4510467	C71	0.092	14	28	0.36	67	0.064	0.05	1.89	0.004	0.24	4	0.05	3	0.05	0.05	6
545392.5	4510221	C72	0.049	25	21	0.29	94	0.051	0.05	2.09	0.008	0.22	1	0.05	3.7	1	0.03	7
545469.5	4509578	C73	0.087	15	31	0.34	48	0.061	0.05	1.82	0.002	0.21	6	0.05	2.9	1	0.07	5
545382.7	4509238	C74	0.083	14	30	0.35	64	0.061	0.05	1.47	0.004	0.2	7	0.05	2.7	1	0.11	5
547097.9	4510474	C75	0.061	18	29	0.5	87	0.038	0.05	1.92	0.004	0.14	1	0.05	3.7	0.05	0.11	5
546900.9	4510580	C76	0.138	20	19	0.27	104	0.005	3	1.54	0.006	0.11	1	0.05	2.2	1	0.06	4
547035.7	4509695	C77	0.075	19	21	0.34	68	0.019	0.05	1.54	0.003	0.13	1	0.05	2.5	2	0.05	4
546964.6	4509295	C78	0.067	21	20	0.34	66	0.021	2	1.56	0.005	0.13	1	0.05	2.8	1	0.04	4
547161.6	4508948	C79	0.108	20	20	0.45	50	0.007	0.05	1.55	0.004	0.09	0.05	0.05	2.4	0.05	0.57	3
547156.9	4508440	C80	0.084	20	27	0.38	74	0.014	4	1.71	0.005	0.12	2	0.05	2.6	2	0.15	4
547233.8	4508285	C81	0.056	20	11	0.17	56	0.002	0.05	0.89	0.002	0.09	4	0.05	3.2	0.05	0.03	2
546539.4	4508158	C82	0.047	30	27	0.38	87	0.008	0.05	2.42	0.007	0.13	0.05	0.05	3.9	0.05	0.03	6
546339.6	4507812	C83	0.056	22	21	0.41	53	0.015	0.05	1.48	0.001	0.1	1	0.05	2.7	1	0.05	4
546399	4507172	C84	0.055	53	13	0.18	54	0.001	0.05	0.9	0.001	0.08	1	0.05	3.2	1	0.02	2
546082.5	4506691	C85	0.06	40	19	0.24	57	0.003	0.05	0.83	0.0005	0.07	1	0.05	2.3	2	0.04	2
544983.3	4508998	C86	0.025	28	13	0.15	28	0.015	0.05	1.52	0.001	0.13	1	0.05	4.3	2	0.005	4
545103.9	4508756	C87	0.14	17	37	0.35	87	0.051	0.05	2.15	0.005	0.22	6	0.05	3.2	0.05	0.1	6
545343.2	4508452	C88	0.093	16	30	0.34	62	0.059	0.05	1.8	0.002	0.2	5	0.05	2.9	3	0.05	5
545047.4	4508394	C89	0.04	39	20	0.23	115	0.026	0.05	2.87	0.007	0.18	0.05	0.05	6.6	1	0.04	8
545405.8	4507744	C90	0.106	30	25	0.31	84	0.037	0.05	2.09	0.004	0.2	2	0.05	3.9	1	0.06	6
545313.8	4507660	C91	0.054	44	16	0.23	76	0.015	0.05	1.91	0.005	0.14	1	0.05	4.4	1	0.02	6
545809.6	4507090	C92	0.115	17	32	0.38	87	0.058	0.05	1.92	0.005	0.22	5	0.05	3.1	0.05	0.09	5
546101.8	4506528	C93	0.065	30	26	0.43	62	0.025	0.05	1.39	0.001	0.13	1	0.05	3	0.05	0.05	4

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
546668.4	4506385	C94	1	174	303	142	0.6	22	9	238	2.77	89	2	5	6	0.4	1.5	0.25	37	0.1
546004.3	4506241	C95	0.4	159	122	158	0.7	20	10	226	1.98	68	1	5	4	0.7	1.3	0.5	22	0.08
545795.4	4505806	C96	0.5	155	172	201	0.8	24	10	219	2.4	57	2	5	8	0.7	1.4	0.6	27	0.14
545560.9	4505646	C97	0.5	59	114	145	0.2	20	11	479	3.23	33	0.05	7	11	0.01	2.5	0.25	20	0.27
545449.2	4505524	C98	0.3	76	99	187	0.7	27	13	624	3.56	23	0.05	7	19	0.2	1	0.25	30	0.59
545459.2	4505285	C99	0.5	131	132	215	0.6	24	12	468	2.13	58	2	5	17	0.9	1.3	0.25	22	0.46
545484.2	4505060	C100	0.3	66	60	178	0.1	78	105	2727	4.2	27	0.05	5	33	0.6	1.5	0.5	28	0.74
545653.1	4504285	C101	0.5	89	106	185	0.7	23	11	206	2.16	40	2	6	7	0.8	1.3	0.25	26	0.11
546936.4	4503005	C102	0.5	74	101	166	0.4	20	9	257	2.26	44	2	7	6	0.4	0.8	0.25	22	0.13
546894.9	4503238	C103	0.6	58	61	128	0.05	46	53	1418	6.39	31	2	14	6	0.3	1.1	0.25	30	0.09
546962.4	4503776	C104	0.3	80	113	160	0.5	20	10	267	2.11	47	3	6	6	0.7	1.2	0.25	21	0.09
546509.7	4503882	C105	0.4	104	135	165	0.5	22	10	249	2.4	48	5	6	7	0.8	0.9	0.6	30	0.1
546450.3	4504191	C106	0.3	17	29	75	0.1	17	9	368	2.38	21	3	6	6	0.3	0.7	0.25	26	0.06
546383.8	4504414	C107	0.3	80	96	161	0.4	21	9	194	1.98	44	3	6	5	0.6	0.8	0.6	23	0.08
546171.6	4504898	C108	0.6	130	123	195	0.7	22	14	391	2.18	51	4	7	7	1	1.1	0.25	22	0.12
546295.2	4505088	C109	0.5	52	61	106	0.05	15	7	275	3.19	21	3	5	12	0.4	1	0.25	24	0.35
546953.4	4504833	C110	0.4	39	35	47	0.05	20	18	485	4.81	27	1	14	5	0.4	0.25	0.25	24	0.01
546992.1	4504741	C111	0.3	30	514	119	0.5	18	10	433	2.7	87	3	11	5	0.7	1.7	0.25	6	0.05
546907	4503880	C112	0.6	31	328	107	0.5	21	12	373	2.74	87	3	14	7	0.6	1.9	0.25	8	0.06
547806	4505219	C113	0.5	36	1525	207	1	30	19	692	3.7	126	2	8	6	1.1	2.2	0.25	10	0.07
547609.1	4505546	C114	0.3	40	45	179	0.1	39	20	375	3.17	29	3	5	9	1.4	0.25	0.25	24	0.21
547604.9	4507870	C115	1.8	48	313	504	0.2	83	32	346	5.76	104	3	6	9	5.7	0.6	0.25	33	0.16
547354.8	4507294	C116	0.4	23	42	46	0.1	11	8	241	2.71	221	2	15	7	0.4	1	0.25	6	0.02
547000.7	4507042	C117	0.5	22	26	44	0.1	12	8	185	2.35	195	2	13	9	0.4	0.8	0.25	8	0.02
547599.8	4513728	C118	0.2	34	105	91	0.7	22	13	350	4.1	66	2	6	4	0.9	1.9	0.25	24	0.03
546961.8	4513381	C119	0.1	58	47	144	0.3	38	19	1177	3.96	66	3	3	15	1.2	0.25	0.25	45	0.16
547983.2	4513829	C120	0.5	28	22	96	0.1	35	42	541	6.2	81	3	8	10	0.4	0.25	0.25	40	0.16
548092.8	4513973	C121	0.9	33	22	89	0.1	41	34	1470	4.94	91	3	6	14	0.8	0.25	0.25	46	0.23

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
546668.4	4506385	C94	0.117	21	33	0.39	54	0.05	0.05	2.15	0.002	0.19	14	0.05	3.3	0.05	0.1	5
546004.3	4506241	C95	0.055	14	19	0.33	46	0.05	0.05	1.3	0.001	0.16	3	0.05	2.3	1	0.05	3
545795.4	4505806	C96	0.081	17	28	0.37	57	0.049	0.05	1.69	0.004	0.18	4	0.05	3	1	0.07	4
545560.9	4505646	C97	0.114	25	21	0.25	70	0.01	0.05	1.41	0.005	0.09	1	0.05	3.3	2	0.05	3
545449.2	4505524	C98	0.091	27	29	0.39	83	0.011	0.05	2.3	0.008	0.1	1	0.05	3.7	0.05	0.04	6
545459.2	4505285	C99	0.109	17	23	0.36	63	0.043	0.05	1.55	0.006	0.17	3	0.05	2.6	0.05	0.07	4
545484.2	4505060	C100	0.097	24	32	0.62	95	0.004	3	3.19	0.007	0.1	1	0.05	2.9	1	0.09	6
545653.1	4504285	C101	0.077	18	23	0.34	59	0.043	1	1.76	0.004	0.17	2	0.05	2.6	1	0.06	5
546936.4	4503005	C102	0.054	21	22	0.34	56	0.042	0.05	1.5	0.0005	0.15	2	0.05	2.5	1	0.03	4
546894.9	4503238	C103	0.065	51	36	0.86	33	0.008	1	2.5	0.0005	0.04	1	1	2.8	1	0.03	7
546962.4	4503776	C104	0.072	20	20	0.3	49	0.034	3	1.43	0.002	0.14	3	0.05	2.4	1	0.06	4
546509.7	4503882	C105	0.081	20	26	0.37	63	0.046	0.05	2.01	0.003	0.19	2	1	2.9	1	0.05	6
546450.3	4504191	C106	0.036	19	20	0.35	54	0.039	1	1.82	0.001	0.17	1	1	2.6	2	0.02	5
546383.8	4504414	C107	0.065	18	20	0.3	54	0.04	0.05	1.58	0.002	0.16	2	1	2.4	0.05	0.04	5
546171.6	4504898	C108	0.068	20	20	0.33	53	0.045	0.05	1.53	0.003	0.16	3	0.05	2.6	0.05	0.05	4
546295.2	4505088	C109	0.081	35	26	0.2	46	0.016	0.05	1.98	0.004	0.08	5	0.05	2.6	0.05	0.04	6
546953.4	4504833	C110	0.037	56	28	0.35	14	0.002	0.05	2.05	0.001	0.05	1	0.05	3	3	0.02	7
546992.1	4504741	C111	0.045	28	12	0.24	24	0.003	0.05	0.42	0.0005	0.04	1	0.05	1.4	2	0.21	1
546907	4503880	C112	0.047	35	12	0.22	26	0.004	0.05	0.52	0.0005	0.06	1	0.05	1.7	2	0.13	2
547806	4505219	C113	0.059	23	18	0.36	27	0.002	0.05	0.6	0.0005	0.05	1	0.05	1.9	2	0.39	1
547609.1	4505546	C114	0.072	24	22	0.28	56	0.008	1	1.44	0.004	0.09	0.05	0.05	3.7	1	0.06	4
547604.9	4507870	C115	0.067	33	22	0.25	84	0.003	0.05	1.83	0.006	0.08	1	1	3	0.05	0.06	4
547354.8	4507294	C116	0.052	34	11	0.08	33	0.002	0.05	0.35	0.0005	0.04	1	0.05	2.3	3	0.09	1
547000.7	4507042	C117	0.046	35	10	0.09	35	0.001	0.05	0.41	0.0005	0.05	1	0.05	2	2	0.04	1
547599.8	4513728	C118	0.055	26	19	0.52	29	0.006	1	1.63	0.0005	0.08	1	1	2.6	3	0.02	4
546961.8	4513381	C119	0.094	20	31	0.28	100	0.011	0.05	2.24	0.005	0.11	0.05	1	3.7	2	0.05	6
547983.2	4513829	C120	0.047	51	28	0.27	63	0.005	0.05	2.16	0.007	0.08	1	1	3.1	0.05	0.07	5
548092.8	4513973	C121	0.051	30	28	0.29	117	0.006	0.05	2.56	0.008	0.09	1	1	3.2	3	0.03	7

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
548857.9	4514460	C122	0.1	53	22	109	0.1	36	18	503	4.31	26	3	3	16	0.7	0.25	0.25	58	0.2
548294.4	4515318	C123	0.1	16	9	41	0.1	9	40	1496	38.72	153	0.05	3	8	0.01	0.25	0.25	8	0.08
548379.8	4515346	C124	0.1	35	28	128	0.2	30	14	395	3.22	43	3	4	8	0.7	0.25	0.25	36	0.12
548155	4514967	C125	0.1	45	26	118	0.1	39	21	564	4.36	27	3	4	18	0.7	0.25	0.25	47	0.25
548154.7	4515057	C126	0.1	32	27	144	0.2	35	18	597	4.01	45	3	4	9	1	0.25	0.25	36	0.13
548492.6	4516181	C127	0.1	37	29	145	0.1	32	14	276	3.8	48	3	4	10	0.9	0.25	0.25	43	0.12
550055.1	4516661	C128	0.3	40	33	105	0.1	16	15	368	1.62	20	4	3	9	0.2	0.8	0.25	12	0.17
547227.3	4510586	C129	0.4	53	338	101	0.3	37	19	395	5.48	59	3	7	8	0.6	0.25	0.25	25	0.13
547653.3	4510689	C130	0.7	39	45	145	0.05	107	54	1392	4.89	85	4	8	7	1	0.25	0.25	57	0.17
548309.4	4511728	C131	0.1	36	24	158	0.1	99	73	828	5.93	40	3	4	27	0.4	0.25	0.5	26	0.17
548964.5	4512162	C132	0.1	57	308	134	0.3	26	11	300	3.81	23	4	4	17	0.7	0.25	0.25	48	0.38
548875.3	4511979	C133	0.1	65	95	117	0.1	37	19	404	4.38	22	4	5	16	0.7	0.5	0.25	57	0.19
548704.1	4512469	C134	0.1	72	174	80	0.2	23	9	170	4.33	20	3	7	8	0.6	0.25	0.25	52	0.1
548455.1	4511724	C135	0.4	38	85	91	0.1	21	10	216	4.46	40	3	5	10	0.5	0.5	0.25	45	0.11
549036.3	4512325	C136	0.1	32	22	253	0.05	78	61	523	4.95	36	3	8	11	1.6	0.25	0.25	48	0.07
548862	4512934	C137	0.2	37	27	91	0.05	39	20	441	4.99	25	3	7	22	0.3	0.25	0.25	84	0.16
549046.2	4513190	C138	0.1	54	13	61	0.05	40	22	258	4.86	21	2	6	15	0.5	0.25	0.25	63	0.11
549418.1	4513535	C139	0.1	16	72	80	0.1	13	8	224	2.25	9	2	6	6	0.2	0.8	0.25	27	0.06
550556.3	4522426	C140	37.2	115	55	524	12.4	378	12	330	2.9	26	7	7	10	1	1.1	0.25	31	0.23
550085.7	4522554	C141	0.6	69	37	164	5.3	10	4	131	1.6	23	7	6	8	0.4	0.9	0.8	19	0.15
549966.6	4522378	C142	0.6	95	39	123	2.9	7	4	67	1.47	16	7	6	8	0.01	0.9	0.25	13	0.08
549719.4	4522521	C143	0.4	93	49	131	0.1	12	6	363	1.94	37	9	6	12	0.4	0.25	0.25	17	0.36
549746.8	4522558	C144	0.3	127	51	90	0.1	8	5	291	1.96	34	6	4	10	0.01	0.8	0.25	19	0.14
550274.3	4522832	C145	0.8	98	44	149	3.2	20	7	356	2.25	28	4	5	12	0.3	0.25	0.25	28	0.24
550125.4	4523539	C146	1.6	139	64	450	0.2	25	7	189	1.89	39	17	5	16	0.8	1.1	0.25	22	0.42
549992.1	4523568	C147	0.4	55	55	198	0.1	11	7	292	1.96	23	9	9	10	0.8	0.25	0.25	20	0.23
549652.3	4523672	C148	0.3	368	67	102	0.1	5	4	322	1.85	36	7	5	14	0.4	0.8	0.25	15	0.18
549415.4	4523788	C149	0.2	183	27	192	0.1	7	5	298	1.95	33	7	7	11	0.4	0.25	0.25	12	0.14

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores “totais” de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
548857.9	4514460	C122	0.096	26	49	0.77	59	0.016	0.05	2.51	0.004	0.08	1	1	4.5	0.05	0.04	7
548294.4	4515318	C123	0.029	5	10	0.11	94	0.004	8	0.69	0.02	0.03	1	0.05	1.1	2	0.04	0.05
548379.8	4515346	C124	0.064	16	26	0.51	59	0.019	1	2.07	0.003	0.13	0.05	1	2.8	2	0.04	5
548155	4514967	C125	0.087	23	40	0.7	61	0.01	0.05	2.28	0.004	0.08	0.05	1	4	1	0.05	6
548154.7	4515057	C126	0.062	16	28	0.54	66	0.019	1	2.08	0.004	0.14	1	1	2.8	0.05	0.04	5
548492.6	4516181	C127	0.065	17	32	0.6	71	0.023	0.05	2.24	0.003	0.18	1	1	3	1	0.04	6
550055.1	4516661	C128	0.09	13	10	0.21	37	0.009	0.05	1.48	0.002	0.07	0.05	0.05	1.1	0.05	0.05	3
547227.3	4510586	C129	0.065	27	31	0.55	64	0.004	0.05	1.91	0.002	0.09	1	1	3.3	2	0.04	4
547653.3	4510689	C130	0.054	31	31	0.38	83	0.017	1	1.86	0.004	0.13	0.05	0.05	4.4	3	0.02	5
548309.4	4511728	C131	0.09	17	21	0.55	58	0.004	0.05	1.95	0.012	0.06	0.05	0.05	1.7	0.05	0.07	4
548964.5	4512162	C132	0.101	21	38	0.61	69	0.033	0.05	2.55	0.005	0.12	1	1	4.3	1	0.07	7
548875.3	4511979	C133	0.074	22	45	0.75	88	0.047	0.05	3.27	0.006	0.18	1	1	5.3	1	0.05	8
548704.1	4512469	C134	0.057	23	41	0.51	27	0.013	0.05	1.99	0.001	0.06	1	0.05	4.4	2	0.04	6
548455.1	4511724	C135	0.07	21	35	0.5	64	0.049	0.05	2.37	0.004	0.16	0.05	1	3.9	1	0.04	6
549036.3	4512325	C136	0.042	33	42	0.66	49	0.007	1	3.55	0.008	0.06	0.05	2	4.4	2	0.04	8
548862	4512934	C137	0.058	50	62	0.83	96	0.019	4	3.49	0.008	0.1	0.05	0.05	7.3	1	0.04	9
549046.2	4513190	C138	0.05	35	53	0.88	64	0.01	1	3.07	0.007	0.06	0.05	0.05	5	1	0.04	8
549418.1	4513535	C139	0.039	18	22	0.38	56	0.079	1	1.85	0.004	0.19	1	1	2.9	2	0.02	5
550556.3	4522426	C140	0.221	17	785	0.27	137	0.046	4	1.74	0.004	0.18	12	0.05	2.4	0.05	0.06	6
550085.7	4522554	C141	0.081	15	16	0.2	60	0.024	2	1.56	0.004	0.13	0.05	1	1.5	0.05	0.07	4
549966.6	4522378	C142	0.05	17	12	0.2	46	0.018	1	2	0.003	0.12	0.05	1	1.7	0.05	0.13	6
549719.4	4522521	C143	0.094	17	19	0.21	59	0.028	4	1.7	0.004	0.14	0.05	1	1.7	0.05	0.05	5
549746.8	4522558	C144	0.072	16	13	0.22	51	0.017	3	2.03	0.004	0.13	0.05	1	1.4	0.05	0.04	6
550274.3	4522832	C145	0.081	25	35	0.3	83	0.041	1	2.12	0.006	0.19	1	1	2.7	0.05	0.04	6
550125.4	4523539	C146	0.176	20	61	0.36	132	0.054	4	1.7	0.011	0.28	1	0.05	2.2	0.05	0.14	5
549992.1	4523568	C147	0.078	19	16	0.28	74	0.043	0.05	2.07	0.005	0.18	1	1	2.4	1	0.03	6
549652.3	4523672	C148	0.078	20	10	0.28	64	0.023	4	2.58	0.007	0.14	0.05	0.05	1.3	0.05	0.05	7
549415.4	4523788	C149	0.062	18	11	0.24	57	0.023	1	2.57	0.005	0.13	1	1	1.6	0.05	0.03	6

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
549366	4523680	C150	0.3	116	36	160	0.2	30	22	436	2.44	47	8	5	9	0.6	0.25	0.25	20	0.09
550677.9	4523819	C151	0.1	49	25	99	0.05	33	12	335	2.26	21	3	8	9	0.3	0.9	0.25	34	0.13
550370.5	4524571	C152	0.2	37	47	110	0.1	12	9	238	2.22	28	4	5	10	0.3	1	0.25	37	0.12
550245.4	4524514	C153	0.2	60	67	86	0.1	10	5	371	2.01	20	4	7	9	0.2	1.3	0.25	30	0.11
549730.6	4525454	C154	0.1	23	49	106	0.1	9	7	358	1.96	39	3	5	10	0.5	1.6	0.25	30	0.12
549967.4	4524745	C155	0.2	72	44	155	0.1	12	8	384	2.33	34	4	4	14	0.5	1	0.25	33	0.19
550678.8	4523103	C156	0.2	48	43	158	0.2	14	9	391	2.14	39	6	8	12	0.6	0.6	0.25	31	0.22
550855.3	4523626	C157	0.3	37	50	138	0.05	11	10	271	3.46	99	6	11	5	0.7	0.7	0.25	46	0.15
550854.5	4524335	C158	0.3	61	70	237	0.1	19	8	293	3.41	84	7	7	14	0.6	0.9	0.9	60	0.2
551294	4526470	C159	0.1	24	52	89	0.4	4	2	231	1.15	24	9	4	5	0.01	0.6	0.25	9	0.06
550748.8	4524988	C160	0.3	36	58	159	0.1	13	4	192	2	44	6	9	21	0.9	1.4	0.6	26	0.73
550940.3	4525513	C161	0.1	23	49	119	0.2	6	3	221	1.41	75	9	7	8	0.3	1	0.6	11	0.12
550937.2	4525580	C162	0.2	21	64	131	0.4	7	3	192	1.67	82	13	8	10	0.3	0.8	0.25	13	0.12
551347.8	4526037	C163	0.3	24	70	143	0.3	8	4	352	1.69	100	11	8	12	0.3	1.2	0.8	16	0.16
551273.9	4523084	C164	0.8	73	54	279	0.1	15	4	96	1.59	19	7	7	8	0.9	2	0.25	20	0.27
551754.6	4523552	C165	0.6	92	44	149	0.1	10	2	80	1.18	10	6	5	11	0.01	0.7	0.25	14	0.23
551801.6	4523645	C166	0.2	103	83	488	0.8	18	16	733	2.04	51	18	9	14	3.7	1.2	0.25	23	0.33
552251.5	4523887	C167	0.3	60	49	140	0.1	8	4	329	1.72	18	16	8	10	0.3	0.7	0.25	20	0.19
552083.8	4524138	C168	0.8	21	28	138	0.2	24	3	142	1.63	37	8	10	5	0.01	0.7	0.25	15	0.1
552357.5	4524436	C169	0.3	26	40	120	0.2	11	4	174	1.53	66	8	12	7	0.01	0.7	0.25	15	0.21
552646	4524459	C170	0.3	105	56	314	0.1	11	9	447	1.56	28	12	5	9	2.4	0.7	0.25	15	0.19
552672.9	4524547	C171	0.4	171	71	158	0.3	8	4	297	1.66	71	7	7	10	0.5	1.1	1.5	14	0.18
552716.3	4524457	C172	0.4	169	51	179	0.1	6	3	390	1.4	20	9	5	14	0.6	1	0.25	10	0.25
553096.3	4524663	C173	0.3	102	32	117	0.2	5	3	214	1.37	31	12	9	12	0.2	1.7	1.3	7	0.16
553389.8	4525004	C174	0.1	170	31	89	0.1	4	2	179	0.96	17	9	3	10	0.01	0.25	0.25	6	0.19
553582.8	4525344	C175	0.3	104	36	96	0.1	7	2	227	1.57	47	7	3	10	0.3	0.9	0.7	14	0.22
554692.5	4526569	C176	0.1	24	27	105	0.1	16	9	275	2.18	11	0.05	2	7	0.4	0.5	0.25	33	0.05
554186.4	4527065	C177	0.1	47	50	104	0.1	15	9	357	2.82	8	5	6	9	0.01	0.25	0.5	49	0.13

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	TL	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
549366	4523680	C150	0,119	15	17	0,22	53	0,014	2	3,46	0,005	0,11	0,05	0,05	1,6	0,05	0,06	7
550677,9	4523819	C151	0,041	31	95	0,49	78	0,082	0,05	1,99	0,004	0,21	1	0,05	4,2	1	0,02	6
550370,5	4524571	C152	0,052	18	31	0,3	73	0,06	1	2,08	0,003	0,21	0,05	1	3,5	2	0,03	6
550245,4	4524514	C153	0,052	32	27	0,24	65	0,045	4	1,68	0,003	0,18	1	0,05	2,6	1	0,03	5
549730,6	4525454	C154	0,047	17	23	0,23	65	0,049	1	1,82	0,003	0,16	0,05	0,05	2,8	0,05	0,03	5
549967,4	4524745	C155	0,062	18	28	0,3	83	0,052	0,05	2,23	0,006	0,2	0,05	1	3,2	0,05	0,04	6
550678,8	4523103	C156	0,172	24	31	0,3	84	0,059	1	2,13	0,013	0,21	2	0,05	3,2	1	0,05	5
550855,3	4523626	C157	0,142	19	25	0,17	29	0,048	0,05	1,57	0,006	0,17	1	0,05	4,5	1	0,03	6
550854,5	4524335	C158	0,12	21	49	0,48	94	0,111	2	3,97	0,008	0,35	1	0,05	6,3	1	0,05	10
551294	4526470	C159	0,077	18	9	0,16	32	0,028	0,05	2,05	0,0005	0,14	1	1	1	2	0,04	5
550748,8	4524988	C160	0,092	19	31	0,28	69	0,062	2	2,27	0,021	0,38	1	0,05	3,6	1	0,02	6
550940,3	4525513	C161	0,08	19	11	0,18	41	0,04	0,05	2,7	0,003	0,16	2	0,05	1,7	2	0,04	6
550937,2	4525580	C162	0,129	18	12	0,2	47	0,023	3	3,56	0,004	0,15	1	0,05	2,3	0,05	0,05	7
551347,8	4526037	C163	0,1	24	14	0,21	52	0,04	3	3,53	0,006	0,18	2	0,05	2,2	1	0,05	7
551273,9	4523084	C164	0,124	17	27	0,24	67	0,055	4	1,54	0,005	0,19	1	0,05	2,1	0,05	0,1	4
551754,6	4523552	C165	0,146	17	18	0,25	59	0,054	4	1,62	0,01	0,23	1	0,05	1,5	0,05	0,11	5
551801,6	4523645	C166	0,143	26	20	0,27	111	0,055	5	2,85	0,007	0,23	2	0,05	3	0,05	0,05	7
552251,5	4523887	C167	0,119	24	15	0,26	59	0,043	1	2,85	0,005	0,21	1	0,05	2	1	0,04	8
552083,8	4524138	C168	0,079	18	40	0,22	32	0,049	0,05	1,95	0,001	0,17	1	0,05	2,4	0,05	0,01	5
552357,5	4524436	C169	0,097	26	14	0,19	32	0,055	1	2	0,002	0,18	4	0,05	2,6	0,05	0,03	5
552646	4524459	C170	0,095	19	15	0,23	51	0,04	0,05	1,83	0,004	0,19	1	0,05	1,5	0,05	0,05	5
552672,9	4524547	C171	0,122	24	14	0,19	51	0,021	3	2,86	0,005	0,12	15	0,05	1,3	0,05	0,06	7
552716,3	4524457	C172	0,096	25	11	0,22	54	0,034	1	1,79	0,007	0,19	0,05	0,05	1	0,05	0,06	6
553096,3	4524663	C173	0,073	27	8	0,19	39	0,024	0,05	1,67	0,003	0,14	1	0,05	1,1	1	0,04	6
553389,8	4525004	C174	0,113	17	7	0,15	39	0,014	0,05	1,48	0,003	0,1	0,05	0,05	0,5	0,05	0,05	4
553582,8	4525344	C175	0,116	15	15	0,19	45	0,015	0,05	2,18	0,004	0,11	0,05	0,05	1,1	0,05	0,06	5
554692,5	4526569	C176	0,041	12	29	0,34	80	0,089	0,05	1,53	0,003	0,24	1	1	3,5	0,05	0,02	4
554186,4	4527065	C177	0,094	17	45	0,35	86	0,132	0,05	3,02	0,004	0,33	0,05	0,05	7,1	0,05	0,03	7

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹)

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
555423.7	4526801	C178	0.2	23	28	121	0.1	22	14	395	2.66	21	1	3	10	0.5	0.8	0.25	41	0.21
555391.5	4526746	C179	0.3	27	34	203	0.3	37	25	667	3.19	15	1	3	16	1.3	0.25	0.25	50	0.11
556225.3	4526721	C180	0.1	20	40	104	0.05	23	13	505	3.01	29	0.05	7	6	0.3	0.8	0.25	34	0.03
555452.3	4525459	C181	0.1	18	42	143	0.1	20	24	543	3.84	32	0.05	3	7	0.6	0.7	0.25	49	0.03
555475.4	4525392	C182	0.1	16	35	134	0.4	19	13	289	2.82	14	1	4	5	0.5	0.7	0.25	41	0.02
554564.3	4526280	C183	0.1	18	80	161	0.4	11	5	287	1.62	17	6	13	9	0.3	0.9	0.25	11	0.12
553517	4525712	C184	0.1	20	51	273	0.1	13	9	364	1.75	22	11	10	5	1.4	0.7	0.25	19	0.17
553998.9	4525418	C185	0.2	25	19	82	0.1	5	2	210	1.05	18	12	7	8	0.01	0.8	0.8	6	0.12
553536.4	4524567	C186	0.1	36	24	99	0.1	3	2	148	1.17	30	11	10	7	0.01	0.25	0.25	7	0.11
553169.1	4524040	C187	0.3	203	67	152	0.2	8	3	436	1.59	19	10	4	11	0.4	0.8	0.25	11	0.21
553251.8	4525609	C188	0.2	81	74	125	0.2	7	2	121	1.27	34	7	7	9	0.2	0.25	0.25	12	0.11
553429.3	4526009	C189	0.2	16	73	160	0.1	5	25	968	1.5	47	24	26	6	0.4	0.25	0.25	11	0.36
554220.6	4526565	C190	0.1	50	80	188	0.05	17	7	284	2.54	16	2	6	10	0.2	1.1	0.25	41	0.09
554164.9	4526614	C191	0.1	30	40	132	0.1	15	10	235	2.28	9	4	8	6	0.3	0.6	0.25	36	0.13
553845.4	4522689	C192	0.1	89	43	117	0.1	8	2	99	1.21	3	11	8	9	0.01	0.25	0.5	11	0.11
554308.6	4522851	C193	0.5	86	59	159	0.1	7	3	123	1.53	6	8	7	10	0.2	1	0.25	13	0.23
555059.8	4524018	C194	0.1	4	29	55	0.1	2	1	110	0.78	14	7	6	4	0.01	0.25	0.25	3	0.04
554648.7	4523633	C195	0.2	33	33	92	0.1	5	2	95	1.15	14	10	8	5	0.01	0.25	0.5	7	0.04
555680.6	4523325	C196	0.1	32	39	108	0.1	11	5	165	1.84	15	8	8	7	0.3	0.6	0.25	23	0.11
555787	4523200	C197	0.1	21	41	87	0.1	4	2	162	1.06	7	9	6	7	0.01	0.25	0.25	5	0.08
555495.8	4522900	C198	0.1	24	36	109	0.1	11	6	246	1.8	13	7	7	9	0.4	0.5	0.25	21	0.11
556376.3	4524213	C199	0.1	21	28	93	0.1	14	5	98	1.97	10	5	9	6	0.01	0.8	0.25	29	0.04
556502.6	4524417	C200	0.1	18	41	124	0.1	11	5	152	2.13	19	8	11	8	0.2	0.7	0.7	27	0.04
556763.3	4524479	C201	0.1	15	17	76	0.05	15	5	126	2.13	10	3	7	5	0.2	0.8	0.25	36	0.04
556838.2	4524523	C202	0.1	30	27	96	0.1	23	11	177	3.41	21	1	4	6	0.2	0.9	0.25	52	0.03
555383.5	4520980	C203	0.2	122	79	127	0.2	9	3	152	1.73	14	7	3	9	0.4	0.8	0.5	21	0.12
555278.4	4520890	C204	0.1	85	30	87	0.1	7	3	161	1.22	8	9	5	7	0.2	0.25	0.8	15	0.12
554763.6	4520136	C205	0.8	38	31	94	0.2	11	5	171	1.76	8	6	9	5	0.01	2.3	0.25	26	0.09

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores “totais” de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
555423.7	4526801	C178	0.054	13	34	0.39	88	0.092	0.05	1.94	0.005	0.27	0.05	0.05	4.1	2	0.03	5
555391.5	4526746	C179	0.066	11	46	0.44	179	0.125	0.05	2.34	0.01	0.35	1	1	4.8	0.05	0.04	7
556225.3	4526721	C180	0.052	21	36	0.41	90	0.103	2	1.46	0.005	0.32	1	0.05	4.4	1	0.005	5
555452.3	4525459	C181	0.05	10	44	0.39	99	0.135	0.05	2.45	0.006	0.35	1	1	5.1	1	0.04	7
555475.4	4525392	C182	0.053	11	34	0.35	86	0.116	3	2.15	0.004	0.33	1	1	4.2	1	0.04	6
554564.3	4526280	C183	0.073	26	12	0.16	39	0.031	0.05	1	0.0005	0.14	0.05	0.05	1.8	1	0.02	2
553517	4525712	C184	0.104	20	24	0.26	49	0.076	0.05	1.48	0.001	0.25	0.05	0.05	2.8	0.05	0.03	4
553998.9	4525418	C185	0.077	17	8	0.13	32	0.02	0.05	1.4	0.002	0.11	0.05	0.05	0.8	0.05	0.02	4
553536.4	4524567	C186	0.056	20	8	0.19	29	0.036	0.05	1.13	0.002	0.16	0.05	0.05	1.4	0.05	0.02	4
553169.1	4524040	C187	0.137	22	14	0.24	56	0.039	2	2.03	0.008	0.23	0.05	0.05	1.2	0.05	0.06	7
553251.8	4525609	C188	0.09	18	12	0.16	36	0.017	0.05	2.72	0.002	0.1	2	0.05	1	0.05	0.06	6
553429.3	4526009	C189	0.185	27	11	0.22	22	0.079	5	1.21	0.002	0.31	1	0.05	1.5	1	0.03	4
554220.6	4526565	C190	0.064	19	39	0.47	85	0.136	0.05	2.05	0.006	0.45	0.05	0.05	5.2	1	0.03	5
554164.9	4526614	C191	0.088	19	36	0.32	82	0.115	0.05	2.28	0.004	0.31	0.05	0.05	5.2	0.05	0.03	5
553845.4	4522689	C192	0.048	29	13	0.24	35	0.037	0.05	1.96	0.003	0.17	1	0.05	1.7	0.05	0.03	6
554308.6	4522851	C193	0.142	22	18	0.24	48	0.046	0.05	1.81	0.005	0.25	0.05	0.05	1.8	0.05	0.06	5
555059.8	4524018	C194	0.06	14	4	0.1	12	0.022	0.05	1.32	0.0005	0.09	0.05	0.05	0.6	0.05	0.02	3
554648.7	4523633	C195	0.085	20	11	0.18	22	0.031	1	2.19	0.001	0.14	0.05	0.05	1	0.05	0.03	5
555680.6	4523325	C196	0.076	20	23	0.29	54	0.065	0.05	2.3	0.003	0.23	0.05	0.05	2.7	1	0.04	6
555787	4523200	C197	0.06	23	7	0.17	29	0.022	3	1.83	0.001	0.13	0.05	0.05	0.8	0.05	0.03	5
555495.8	4522900	C198	0.075	20	22	0.27	62	0.055	2	2.33	0.004	0.21	0.05	0.05	2.4	2	0.04	6
556376.3	4524213	C199	0.056	22	28	0.32	58	0.088	0.05	2.22	0.002	0.27	0.05	0.05	3.3	2	0.03	6
556502.6	4524417	C200	0.06	22	23	0.3	42	0.059	0.05	2.56	0.002	0.22	0.05	0.05	3.3	0.05	0.02	6
556763.3	4524479	C201	0.046	18	33	0.38	60	0.129	3	2.12	0.004	0.37	0.05	0.05	4.4	1	0.02	5
556838.2	4524523	C202	0.055	12	51	0.5	80	0.138	1	2.59	0.005	0.35	0.05	0.05	6.4	2	0.04	6
555383.5	4520980	C203	0.101	19	20	0.25	45	0.043	2	2.45	0.007	0.2	0.05	0.05	2.1	0.05	0.07	6
555278.4	4520890	C204	0.079	24	13	0.2	30	0.039	1	1.74	0.002	0.19	0.05	0.05	1.5	0.05	0.04	5
554763.6	4520136	C205	0.086	24	99	0.31	40	0.088	7	1.8	0.005	0.29	0.05	1	2.8	1	0.03	6

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
555394.7	4519831	C206	0.3	74	31	113	0.1	19	10	330	2.36	15	7	7	8	0.4	0.25	0.25	41	0.1
555419.2	4520003	C207	0.1	77	30	132	0.1	18	9	150	2.2	15	6	10	7	0.2	0.25	0.6	47	0.09
553984.4	4520443	C208	0.1	40	48	119	0.1	11	6	232	1.68	8	6	7	8	0.01	0.25	0.25	22	0.14
554983.9	4519528	C209	0.3	12	15	112	0.05	8	3	81	1.89	6	7	13	5	0.01	0.25	0.25	21	0.05
554050.3	4519469	C210	0.1	78	38	163	0.1	20	14	514	2.46	10	5	8	8	0.2	0.6	0.25	47	0.12
553531.2	4519272	C211	0.3	36	28	108	0.2	40	15	679	4.52	6	0.05	7	15	0.7	0.25	0.25	90	0.12
553395.9	4520008	C212	0.8	41	43	110	0.1	25	9	385	2.23	11	6	8	14	0.3	0.6	0.25	38	0.22
553358.6	4519882	C213	0.1	44	34	128	0.2	37	17	607	3.68	5	2	7	18	0.6	0.25	0.25	70	0.17
550543.6	4519349	C214	1.6	63	40	146	0.3	31	8	212	2.22	18	2	6	9	0.3	0.6	0.25	31	0.13
552976.1	4519883	C215	2.4	151	56	166	0.1	84	9	190	2.48	35	3	5	9	0.3	0.9	0.25	22	0.22
551027.3	4518812	C216	0.2	31	27	127	0.1	19	18	360	1.94	50	5	8	4	0.2	0.5	0.25	11	0.05
551115.3	4518790	C217	0.1	18	31	121	0.3	12	8	320	2.12	10	1	7	7	0.3	0.7	0.25	32	0.09
551177.7	4518891	C218	0.2	50	97	133	0.1	13	8	300	2.16	9	1	6	12	0.5	0.25	0.25	32	0.15
551403.3	4518188	C219	0.2	15	32	106	0.4	12	7	353	2	11	1	7	7	0.4	1.2	0.25	32	0.09
552240.6	4517768	C220	0.3	33	43	153	0.2	31	17	874	3.76	8	1	6	19	0.9	1.1	0.25	73	0.22
553226	4518138	C221	0.1	23	21	94	0.1	30	14	488	3.3	4	0.05	9	6	0.3	0.25	0.25	72	0.07
553833.1	4517454	C222	0.1	40	36	116	0.1	43	17	661	4.61	7	0.05	6	14	0.7	0.6	0.25	102	0.12
553933.5	4517477	C223	0.1	46	30	128	0.05	35	14	433	3.92	2	0.05	8	14	0.5	1.2	0.25	87	0.25
554623	4516941	C224	0.1	18	21	74	0.1	24	8	216	3.16	7	0.05	5	8	0.4	0.25	0.25	72	0.07
552417.2	4515887	C225	0.1	27	278	125	0.1	24	12	278	3.48	6	0.05	7	9	0.5	0.6	0.25	62	0.08
552490.5	4515720	C226	0.1	26	143	122	0.2	24	12	351	3.69	5	0.05	7	8	0.5	0.25	0.25	64	0.07
551804.4	4515176	C227	0.1	33	302	120	0.1	15	8	415	2.65	6	1	5	8	0.3	1.6	0.25	39	0.11
551600.6	4515315	C228	0.1	20	68	92	0.1	12	7	328	2.46	5	0.05	5	10	0.4	0.6	0.25	43	0.11
551409.9	4514569	C229	0.1	22	177	94	0.1	12	7	285	2.54	6	0.05	7	7	0.2	0.8	0.25	40	0.07
551099.2	4515105	C230	0.1	29	38	71	0.3	30	14	362	3.71	14	1	5	8	0.7	0.25	0.25	82	0.09
548951.8	4510557	C231	0.4	45	585	116	0.3	43	14	220	4.44	38	0.05	7	6	0.7	0.25	0.25	31	0.02
548788	4510397	C232	0.1	170	9285	935	13.6	44	15	268	7.15	42	0.05	8	7	5.2	5.8	0.6	24	0.07
548063.1	4509693	C233	0.4	80	7666	902	6	58	25	657	5.98	41	0.05	6	7	6.4	1.2	0.25	26	0.16

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹)

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	TL	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
555394.7	4519831	C206	0.109	25	29	0.43	69	0.107	3	2.75	0.009	0.37	0.05	2	4.1	1	0.08	9
555419.2	4520003	C207	0.089	22	26	0.42	52	0.115	3	2.79	0.006	0.41	0.05	2	4.7	2	0.04	9
553984.4	4520443	C208	0.097	22	16	0.31	48	0.075	4	2.22	0.006	0.27	0.05	2	2.6	0.05	0.04	7
554983.9	4519528	C209	0.071	32	15	0.37	34	0.131	2	1.94	0.004	0.45	0.05	1	2	2	0.04	8
554050.3	4519469	C210	0.113	27	35	0.47	74	0.131	5	2.85	0.005	0.41	0.05	2	5	1	0.04	9
553531.2	4519272	C211	0.067	29	85	0.88	198	0.198	0.05	4.11	0.013	0.53	0.05	3	9.1	3	0.03	13
553395.9	4520008	C212	0.083	27	36	0.42	71	0.095	1	2.44	0.007	0.3	1	1	4	1	0.04	6
553358.6	4519882	C213	0.076	28	64	0.74	180	0.171	0.05	3.34	0.014	0.48	0.05	3	7.6	1	0.04	11
550543.6	4519349	C214	0.065	19	48	0.49	89	0.079	1	2.27	0.004	0.27	1	2	3.4	0.05	0.03	8
552976.1	4519883	C215	0.111	18	138	0.37	33	0.013	0.05	1.75	0.003	0.1	2	1	1.8	0.05	0.04	5
551027.3	4518812	C216	0.076	18	9	0.26	23	0.008	0.05	1.62	0.0005	0.08	0.05	1	1.1	1	0.02	4
551115.3	4518790	C217	0.041	20	20	0.49	87	0.109	1	2.15	0.003	0.32	0.05	1	3.7	1	0.01	7
551177.7	4518891	C218	0.047	21	23	0.48	82	0.075	2	2.12	0.005	0.24	0.05	1	3.4	0.05	0.02	7
551403.3	4518188	C219	0.038	19	20	0.49	83	0.109	0.05	2.08	0.003	0.31	0.05	1	3.7	0.05	0.005	6
552240.6	4517768	C220	0.082	24	55	0.81	190	0.199	0.05	3.61	0.014	0.53	0.05	2	7.9	2	0.05	10
553226	4518138	C221	0.065	31	64	0.84	149	0.249	2	3.02	0.008	0.59	0.05	2	8.1	2	0.03	10
553833.1	4517454	C222	0.094	23	91	1.12	220	0.287	0.05	4.62	0.013	0.72	0.05	3	10.9	1	0.05	14
553933.5	4517477	C223	0.152	26	80	1.16	207	0.319	1	3.78	0.014	0.8	0.05	2	10.2	0.05	0.04	12
554623	4516941	C224	0.056	20	52	0.63	115	0.202	0.05	3.18	0.007	0.46	0.05	2	7.2	0.05	0.06	11
552417.2	4515887	C225	0.052	22	64	0.69	125	0.209	0.05	3.88	0.007	0.47	0.05	3	7.9	3	0.04	11
552490.5	4515720	C226	0.058	23	51	0.69	119	0.215	3	3.27	0.011	0.51	1	2	5.9	2	0.05	9
551804.4	4515176	C227	0.073	22	34	0.48	88	0.129	2	2.86	0.004	0.33	1	2	4.3	0.05	0.04	8
551600.6	4515315	C228	0.053	21	21	0.48	116	0.121	0.05	3.28	0.004	0.32	0.05	2	4.3	0.05	0.04	9
551409.9	4514569	C229	0.064	24	28	0.46	81	0.122	0.05	2.85	0.003	0.31	0.05	2	4.3	1	0.04	8
551099.2	4515105	C230	0.051	21	74	0.34	51	0.039	0.05	3.71	0.004	0.12	0.05	2	6.6	0.05	0.05	10
548951.8	4510557	C231	0.056	27	26	0.38	37	0.005	0.05	2.8	0.002	0.07	0.05	1	2.4	0.05	0.04	6
548788	4510397	C232	0.063	18	21	0.41	20	0.003	0.05	2.41	0.001	0.06	0.05	1	2.1	0.05	0.47	4
548063.1	4509693	C233	0.055	22	20	0.48	25	0.002	0.05	1.88	0.002	0.07	1	1	2.1	1	0.5	4

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Caima																				
547710.5	4509300	C234	0.1	71	4789	1447	3.6	90	35	781	6.52	52	0.05	6	9	9.8	2.1	0.25	29	0.26
547997.5	4506359	C235	0.1	40	150	490	0.2	133	83	1088	5.31	69	0.05	6	14	3.7	1.1	0.25	49	0.43
548108.5	4506556	C236	0.1	87	1286	465	0.4	118	130	1374	5.71	192	0.05	8	11	3.5	1.3	0.25	32	0.07
547480.1	4507311	C237	0.2	23	53	26	0.1	9	5	207	2.75	290	0.05	19	10	0.2	1.6	0.25	7	0.01
546994.7	4507130	C238	0.1	36	46	63	0.1	34	24	703	3.43	24	0.05	8	9	0.3	0.7	0.25	30	0.04
547139	4507028	C239	0.1	31	23	102	0.1	62	25	2394	4.87	51	0.05	7	33	0.7	0.25	0.25	49	0.23
551644.2	4527245	C240	0.2	27	42	104	0.7	10	6	403	1.6	18	8	6	9	0.3	0.9	0.25	20	0.15
552046.6	4526535	C241	0.7	36	109	151	0.2	10	4	200	1.73	74	7	7	12	0.4	0.7	0.5	20	0.28
553304.3	4526864	C242	0.4	38	104	352	0.2	9	7	246	2.01	38	18	31	11	1.6	0.6	1	14	0.3
553677.3	4526384	C243	0.1	52	67	363	0.1	20	7	205	2.9	24	21	17	7	2.3	0.5	0.25	43	0.13
552877.8	4525283	C244	0.8	21	244	103	0.3	10	2	121	2.59	157	10	9	7	0.5	0.9	1.6	30	0.03
552632.5	4525195	C245	0.2	147	36	71	0.2	15	8	218	2.68	26	5	2	10	0.5	1.3	0.25	41	0.07
555395.1	4524469	C246	0.5	12	268	72	2.5	6	1	104	1.82	889	7	14	5	0.4	0.25	7	20	0.04
556454.9	4524722	C247	0.3	12	31	50	0.2	3	1	60	1.09	10	11	1	3	0.2	0.25	0.5	8	0.02
556537.8	4521958	C248	0.3	38	37	123	0.2	8	5	411	1.51	9	12	15	9	0.4	0.5	0.25	14	0.13
548380.6	4508639	C249	2.4	66	208	342	0.3	195	177	2039	5.52	48	0.05	6	16	6.9	0.25	0.25	32	0.21
548336	4508075	C250	0.3	67	621	1107	0.5	108	91	840	4.48	44	0.05	5	18	11.1	0.25	0.25	24	0.09
544997.5	4505718	C251	0.2	50	50	97	0.2	33	17	890	4	17	0.05	7	11	0.5	0.9	0.25	31	0.15
544852.8	4506108	C252	0.2	37	24	79	0.1	34	25	1359	4.44	25	0.05	10	15	0.4	0.8	0.25	31	0.13
544977.4	4506197	C253	0.1	33	124	165	0.2	71	42	3230	4.97	27	0.05	9	16	1.2	0.8	0.25	31	0.17
550004.3	4514149	C254	0.1	17	75	81	0.1	14	9	250	1.9	3	1	7	8	0.3	0.25	0.25	27	0.08
546771.4	4515102	C255	0.6	65	47	140	0.2	29	14	514	3.7	57	0.05	7	14	0.7	0.25	0.7	36	0.3
550007.7	4513167	C256	0.1	20	21	74	0.2	26	12	386	2.57	16	2	3	12	0.4	1	0.25	25	0.14

Tabela I.1 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Caima																		
547710,5	4509300	C234	0,056	23	24	0,66	41	0,005	0,05	1,87	0,002	0,06	0,05	1	2,5	0,05	0,49	4
547997,5	4506359	C235	0,064	30	40	0,47	103	0,003	0,05	2,35	0,01	0,09	1	0,05	4,6	0,05	0,05	6
548108,5	4506556	C236	0,078	41	26	0,27	52	0,002	0,05	2,44	0,006	0,08	0,05	1	3,2	3	0,05	4
547480,1	4507311	C237	0,059	42	8	0,05	44	0,001	1	0,3	0,0005	0,04	1	0,05	1,6	2	0,09	1
546994,7	4507130	C238	0,059	34	26	0,33	68	0,003	0,05	2,61	0,006	0,08	0,05	1	3,1	1	0,07	7
547139	4507028	C239	0,051	28	34	0,43	121	0,018	5	2,26	0,015	0,13	0,05	1	6,7	4	0,03	7
551644,2	4527245	C240	0,084	19	18	0,24	51	0,067	3	2,63	0,005	0,22	2	0,05	3,1	0,05	0,06	6
552046,6	4526535	C241	0,123	20	18	0,22	57	0,054	7	2,59	0,005	0,21	0,05	0,05	2,1	0,05	0,05	7
553304,3	4526864	C242	0,209	30	13	0,34	46	0,123	2	2,09	0,008	0,52	3	1	2,1	0,05	0,07	6
553677,3	4526384	C243	0,118	23	32	0,4	65	0,187	0,05	2,4	0,005	0,53	1	1	6,3	1	0,05	8
552877,8	4525283	C244	0,099	21	24	0,25	27	0,064	0,05	4,64	0,003	0,21	4	0,05	3,4	0,05	0,08	10
552632,5	4525195	C245	0,077	12	32	0,31	71	0,091	0,05	2,6	0,007	0,25	0,05	1	4,5	1	0,07	6
555395,1	4524469	C246	0,058	26	11	0,15	22	0,037	2	3,14	0,001	0,15	9	0,05	2,2	2	0,04	7
556454,9	4524722	C247	0,11	13	7	0,13	23	0,022	0,05	2,33	0,004	0,13	0,05	1	0,5	0,05	0,11	6
556537,8	4521958	C248	0,113	38	11	0,27	40	0,08	1	2,98	0,006	0,31	0,05	0,05	1,9	0,05	0,05	8
548380,6	4508639	C249	0,076	53	23	0,31	68	0,004	0,05	2,27	0,008	0,07	1	0,05	2,7	2	0,09	5
548336	4508075	C250	0,078	28	21	0,34	53	0,003	0,05	1,93	0,008	0,06	0,05	1	1,7	0,05	0,09	4
544997,5	4505718	C251	0,078	33	29	0,44	60	0,006	0,05	2,36	0,006	0,1	1	0,05	3,2	2	0,04	7
544852,8	4506108	C252	0,058	36	24	0,31	82	0,006	0,05	2,02	0,011	0,1	0,05	0,05	5,5	2	0,03	5
544977,4	4506197	C253	0,058	37	22	0,25	155	0,004	0,05	2,01	0,013	0,09	1	1	6,4	4	0,06	5
550004,3	4514149	C254	0,045	24	19	0,34	58	0,072	0,05	1,76	0,004	0,18	0,05	2	3	0,05	0,03	5
546771,4	4515102	C255	0,079	28	27	0,54	62	0,009	1	2	0,003	0,1	0,05	0,05	3,8	0,05	0,05	6
550007,7	4513167	C256	0,064	14	20	0,22	44	0,009	0,05	1,65	0,004	0,06	0,05	1	2,1	0,05	0,04	5

Tabela I.2

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Mau																				
551586.2	4512375	M1	0.1	105	41	83	0.05	15	9	224	2.86	1	1	5	9	0.4	0.25	0.25	56	0.11
551720.6	4512556	M2	0.4	32	151	118	0.1	16	9	292	2.46	6	1	4	17	0.3	0.25	0.25	35	0.52
551767.5	4513117	M3	0.7	58	180	246	0.2	17	6	718	2.76	0.05	0.05	4	112	1	0.25	0.25	36	1.79
551913.2	4513517	M4	0.1	35	118	122	0.1	11	8	331	2.33	2	1	5	15	0.5	0.5	0.25	28	0.19
552110.6	4513655	M5	0.5	21	67	124	0.1	17	15	470	2.74	0.05	1	5	13	0.5	1.1	0.25	46	0.12
552047.9	4513663	M6	0.3	24	135	112	0.05	11	9	346	2.31	0.05	1	4	11	0.4	0.7	0.25	40	0.12
552413	4513882	M7	0.5	21	87	117	0.3	16	10	474	2.59	2	5	3	16	0.6	1.1	0.25	36	0.12
553102.9	4514362	M8	0.1	30	50	140	0.1	28	19	608	3.88	2	0.05	5	12	1	0.8	0.25	69	0.1
553196.8	4514192	M9	0.4	38	100	162	0.1	31	19	457	4.35	0.05	0.05	6	9	0.8	0.25	0.25	80	0.11
552546.8	4513753	M10	0.2	22	111	200	0.1	25	18	658	2.98	2	2	6	20	1.1	0.6	0.25	45	0.17
552718.6	4513139	M11	0.1	34	62	108	0.1	18	8	231	3.12	2	2	20	11	0.4	0.6	0.25	54	0.08
553635.1	4513935	M12	0.5	43	599	110	0.2	32	9	268	5.33	6	0.05	4	7	0.4	0.25	0.25	89	0.02
553696.6	4515384	M13	0.1	20	61	121	0.2	26	14	367	3.14	6	0.05	4	13	0.8	0.25	0.25	61	0.11
553346.1	4515057	M14	0.4	33	49	125	0.2	27	14	439	4.16	6	0.05	5	8	0.6	0.8	0.25	73	0.08
552007.9	4512369	M15	0.1	28	245	137	0.2	14	10	423	3.04	1	0.05	9	11	0.5	1	0.25	56	0.12
551670.1	4512192	M16	0.3	37	97	116	0.1	18	9	315	2.61	6	1	4	10	0.3	1.1	0.25	45	0.16
552051.9	4512555	M17	0.1	27	65	140	0.05	16	7	261	2.83	5	0.05	6	11	0.3	0.25	0.25	54	0.1
551810.6	4511782	M18	0.2	37	66	106	0.05	13	7	259	2.49	3	1	5	14	0.4	1.3	0.25	46	0.15
551759.1	4511581	M19	0.5	31	286	140	0.2	18	9	268	3.17	6	1	6	13	0.8	1.2	0.25	48	0.14
552757.3	4511713	M20	0.2	42	1214	164	0.7	20	13	510	3.25	8	3	5	17	1	1.7	0.25	49	0.2
550743.4	4511428	M21	0.1	34	63	168	0.2	58	46	512	3.56	22	1	4	20	1.2	1.1	0.25	26	0.11
550838.9	4511416	M22	0.1	23	86	131	0.1	15	9	331	2.31	3	1	5	11	0.4	0.9	0.25	42	0.13
550736.8	4511078	M23	0.2	33	824	141	0.4	37	17	243	4.04	38	0.05	5	14	0.7	0.5	0.25	28	0.07
550960.6	4510691	M24	0.2	49	207	146	0.4	24	20	350	3.24	20	0.05	6	14	0.6	1.1	0.9	48	0.35
550652.6	4510230	M25	0.2	45	405	122	0.3	34	32	403	4.46	23	0.05	6	5	1	0.5	0.25	63	0.02
550582.8	4510378	M26	0.3	29	253	152	0.1	19	13	411	2.84	8	1	5	13	0.7	0.25	0.25	49	0.16
550449.4	4510386	M27	0.1	48	477	141	0.4	60	49	709	4.2	38	0.05	8	11	0.9	0.25	0.25	31	0.04
550078.4	4509942	M28	0.4	54	1175	357	0.4	47	35	627	4.6	43	0.05	9	13	1.9	1	0.25	26	0.08

Tabela I.2 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Mau																		
551586.2	4512375	M1	0.06	23	33	0.42	91	0.084	1	2.31	0.003	0.3	0.05	1	5.9	1	0.04	8
551720.6	4512556	M2	0.074	18	40	0.38	71	0.085	1	1.85	0.004	0.22	0.05	1	4.6	0.05	0.04	6
551767.5	4513117	M3	0.264	15	27	0.41	131	0.067	19	2.77	0.02	0.23	0.05	0.05	4.3	0.05	0.07	7
551913.2	4513517	M4	0.073	17	18	0.35	77	0.072	0.05	2.32	0.006	0.23	0.05	2	3.5	0.05	0.04	7
552110.6	4513655	M5	0.05	17	31	0.55	123	0.167	0.05	2.96	0.008	0.42	0.05	0.05	5.4	1	0.04	9
552047.9	4513663	M6	0.045	19	26	0.5	105	0.113	0.05	2.58	0.007	0.37	0.05	1	5	2	0.02	9
552413	4513882	M7	0.101	18	23	0.44	108	0.103	0.05	4.21	0.008	0.35	0.05	0.05	4.4	1	0.05	11
553102.9	4514362	M8	0.072	20	52	0.72	145	0.243	0.05	4.05	0.014	0.54	0.05	0.05	7.5	2	0.06	10
553196.8	4514192	M9	0.06	17	56	0.85	154	0.29	0.05	4.08	0.019	0.7	1	0.05	9	0.05	0.04	11
552546.8	4513753	M10	0.065	22	34	0.54	166	0.12	0.05	2.92	0.011	0.35	0.05	0.05	4.7	1	0.05	8
552718.6	4513139	M11	0.053	48	36	0.65	124	0.197	0.05	3.33	0.01	0.5	1	0.05	6	1	0.03	9
553635.1	4513935	M12	0.062	14	64	0.74	129	0.25	0.05	4.89	0.01	0.57	0.05	1	8.3	1	0.08	12
553696.6	4515384	M13	0.068	17	44	0.47	138	0.15	2	3.58	0.01	0.34	0.05	0.05	6.5	2	0.07	9
553346.1	4515057	M14	0.084	23	57	0.73	134	0.237	0.05	4.06	0.013	0.51	1	0.05	7.8	2	0.06	9
552007.9	4512369	M15	0.051	19	33	0.8	117	0.219	0.05	2.86	0.008	0.66	0.05	0.05	6.6	2	0.03	9
551670.1	4512192	M16	0.066	18	37	0.48	93	0.122	0.05	2.4	0.006	0.34	0.05	1	4.7	1	0.04	8
552051.9	4512555	M17	0.044	18	37	0.64	107	0.157	0.05	3.12	0.009	0.48	0.05	5	6.6	2	0.03	10
551810.6	4511782	M18	0.06	19	29	0.5	103	0.121	0.05	2.47	0.01	0.39	0.05	3	5	2	0.03	8
551759.1	4511581	M19	0.056	19	30	0.46	81	0.089	0.05	2.69	0.009	0.32	0.05	4	5.4	0.05	0.04	8
552757.3	4511713	M20	0.078	22	35	0.57	111	0.117	3	3.18	0.012	0.38	0.05	4	5.3	1	0.09	9
550743.4	4511428	M21	0.072	21	21	0.33	41	0.005	0.05	1.82	0.008	0.07	0.05	3	2.2	0.05	0.05	5
550838.9	4511416	M22	0.043	18	28	0.44	87	0.111	2	2.12	0.009	0.32	0.05	3	4.5	1	0.03	7
550736.8	4511078	M23	0.049	24	23	0.29	30	0.006	0.05	1.73	0.002	0.07	0.05	2	2	1	0.04	5
550960.6	4510691	M24	0.08	24	43	0.36	44	0.023	0.05	1.77	0.009	0.08	1	2	5	0.05	0.06	5
550652.6	4510230	M25	0.044	25	52	0.21	34	0.007	0.05	3.04	0.006	0.05	1	5	5.2	1	0.06	8
550582.8	4510378	M26	0.057	20	33	0.46	93	0.1	1	2.52	0.009	0.3	0.05	3	5	0.05	0.04	8
550449.4	4510386	M27	0.041	34	26	0.23	42	0.004	0.05	2.3	0.006	0.06	0.05	2	2.4	1	0.04	6
550078.4	4509942	M28	0.043	30	27	0.35	27	0.004	0.05	2.04	0.007	0.07	1	1	2	0.05	0.06	5

Tabela I.2 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Mau																				
550626.8	4509909	M29	0.3	76	2995	402	0.8	45	43	783	4.67	52	0.05	9	8	2	2.4	0.25	28	0.07
550714.3	4509749	M30	0.1	25	701	159	0.3	16	7	208	2.48	8	0.05	5	9	0.9	0.7	0.25	34	0.09
550541.9	4510241	M31	0.1	27	298	141	0.1	18	12	273	2.71	8	0.05	5	9	0.6	0.6	0.25	44	0.09
551326	4509679	M32	0.3	27	153	141	0.2	20	9	279	2.39	10	2	8	14	0.4	0.9	0.25	37	0.12
551444.3	4509856	M33	0.1	47	105	247	0.2	31	12	514	3.76	16	1	7	20	1.7	0.9	0.25	57	0.13
551145.9	4509805	M34	0.1	42	186	63	0.4	24	14	272	6.29	11	0.05	9	6	0.9	0.25	0.25	59	0.03
550934.9	4509604	M35	0.2	31	294	165	0.2	21	11	330	2.67	10	1	7	12	0.6	0.9	0.25	39	0.09
551991	4509941	M36	0.5	39	79	207	0.5	21	13	416	2.88	8	1	8	12	0.9	0.6	0.25	50	0.11
552262.6	4510492	M37	0.8	52	113	243	1.7	26	12	281	3.34	12	1	9	10	0.8	0.9	1.1	63	0.08
551583.4	4508663	M38	0.1	34	142	159	0.1	19	14	492	2.91	12	4	8	24	0.5	0.25	0.25	55	0.27
550792.8	4509522	M39	0.1	27	566	163	0.3	16	8	252	2.59	12	0.05	6	9	0.6	1.2	0.25	34	0.09
550584.3	4509328	M40	0.2	36	1513	274	0.6	27	13	306	3.13	17	1	7	9	1.2	1.5	0.25	45	0.13
550223.3	4509261	M41	0.4	36	69	155	0.1	40	25	484	2.44	20	4	8	15	0.6	0.8	0.25	25	0.07
550185.8	4509057	M42	0.1	56	175	261	0.2	167	87	1094	4.13	30	0.05	5	28	2	0.25	0.25	23	0.1
550272.1	4508614	M43	0.1	48	67	253	0.2	97	65	801	6.22	68	0.05	7	25	1.8	0.25	0.25	25	0.12
550575	4508520	M44	0.1	41	1635	259	0.5	26	14	363	3.63	18	0.05	8	12	1.2	1.1	0.25	40	0.14
550679.8	4508388	M45	0.1	46	240	256	0.2	48	39	450	4.25	39	0.05	8	9	1.8	0.25	0.25	39	0.05
550863.6	4508033	M46	0.1	30	106	76	0.1	26	11	89	3.4	22	0.05	7	6	0.5	0.25	0.25	31	0.03
551044.2	4508058	M47	0.3	40	106	175	0.1	23	12	277	2.95	7	2	4	20	0.5	0.25	0.25	49	0.36
551139.2	4507863	M48	1	47	70	261	0.1	32	26	468	3.8	5	1	3	22	0.7	0.6	0.6	35	1.09
550947.7	4507678	M49	0.1	107	2777	518	0.9	227	97	1776	5.88	119	0.05	8	15	2.5	0.8	0.25	26	0.2
551257.2	4507389	M50	0.1	43	2378	343	1.4	27	21	658	3.78	18	0.05	6	10	3	2.4	0.25	38	0.13
551339.8	4507413	M51	0.3	46	84	130	0.2	36	18	432	4.28	25	0.05	8	21	0.3	0.25	0.25	62	0.21
549649.4	4506690	M52	0.6	52	264	192	0.3	81	55	379	2.73	16	0.05	4	19	1	0.8	0.25	25	0.09
549640.7	4507039	M53	0.4	71	933	359	0.8	140	243	2911	8.11	40	0.05	6	18	3.2	1.4	0.25	28	0.1
549706.1	4507265	M54	0.8	39	55	224	0.4	39	12	127	3.72	95	0.05	7	14	1.1	0.25	0.25	36	0.06
549791.6	4507259	M55	0.4	38	816	267	0.5	43	47	383	4.27	31	0.05	7	13	1.6	1.1	0.25	26	0.07
549932.3	4506539	M56	0.2	46	334	339	0.3	100	68	880	4.62	33	0.05	5	26	2.1	0.9	0.25	25	0.14

Tabela I.2 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg*	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Mau																		
550626.8	4509909	M29	0.045	31	27	0.36	23	0.003	0.05	1.96	0.004	0.06	0.05	2	2.1	0.05	0.07	5
550714.3	4509749	M30	0.038	16	26	0.39	57	0.081	1	1.82	0.005	0.23	1	2	3.6	2	0.04	6
550541.9	4510241	M31	0.046	19	31	0.47	80	0.107	0.05	2.31	0.006	0.32	1	3	4.7	0.05	0.03	7
551326	4509679	M32	0.034	23	36	0.48	102	0.102	0.05	2.53	0.007	0.33	0.05	3	4.3	1	0.03	8
551444.3	4509856	M33	0.05	26	47	0.33	153	0.041	0.05	3.55	0.011	0.19	1	5	5.1	1	0.03	10
551145.9	4509805	M34	0.055	21	45	0.38	30	0.005	0.05	3.06	0.01	0.08	1	4	5.2	1	0.06	8
550934.9	4509604	M35	0.039	21	34	0.45	92	0.089	0.05	2.46	0.007	0.31	0.05	3	4.4	2	0.03	8
551991	4509941	M36	0.037	22	39	0.55	111	0.137	0.05	2.93	0.013	0.45	1	4	5.5	1	0.03	9
552262.6	4510492	M37	0.051	25	53	0.65	125	0.167	0.05	3.45	0.009	0.56	0.05	5	7.4	2	0.03	11
551583.4	4508663	M38	0.055	21	26	0.64	149	0.105	0.05	3.01	0.012	0.59	0.05	3	5	0.05	0.04	11
550792.8	4509522	M39	0.034	18	27	0.39	65	0.077	0.05	1.98	0.005	0.26	0.05	2	3.8	0.05	0.03	6
550584.3	4509328	M40	0.048	21	32	0.48	57	0.056	0.05	2.23	0.005	0.2	1	2	4.9	1	0.06	7
550223.3	4509261	M41	0.073	29	20	0.37	68	0.06	0.05	3.14	0.009	0.25	0.05	4	2.6	2	0.04	10
550185.8	4509057	M42	0.09	51	23	0.28	50	0.005	0.05	1.63	0.012	0.07	1	0.05	1.4	2	0.07	4
550272.1	4508614	M43	0.092	38	25	0.39	42	0.004	0.05	1.74	0.011	0.05	1	1	1.5	0.05	0.06	4
550575	4508520	M44	0.051	22	30	0.46	58	0.056	0.05	2.29	0.005	0.22	0.05	2	4	2	0.09	7
550679.8	4508388	M45	0.044	35	34	0.42	26	0.007	0.05	2.11	0.006	0.07	1	2	2.9	3	0.04	6
550863.6	4508033	M46	0.042	27	29	0.35	22	0.003	0.05	1.99	0.007	0.06	1	1	2.3	1	0.07	6
551044.2	4508058	M47	0.177	20	34	0.57	102	0.055	0.05	2.35	0.007	0.28	0.05	2	4	0.05	0.07	7
551139.2	4507863	M48	0.767	15	41	0.48	54	0.009	0.05	1.83	0.014	0.2	0.05	1	2.4	0.05	0.13	6
550947.7	4507678	M49	0.072	45	29	0.5	27	0.003	0.05	2.04	0.007	0.08	1	1	2.2	1	0.17	4
551257.2	4507389	M50	0.078	19	32	0.45	57	0.046	0.05	2.02	0.005	0.19	1	2	3.6	3	0.29	6
551339.8	4507413	M51	0.066	26	46	0.44	94	0.015	4	3.05	0.013	0.1	1	0.05	5.4	0.05	0.04	6
549649.4	4506690	M52	0.065	16	20	0.25	46	0.004	4	1.67	0.017	0.08	1	1	1.6	0.05	0.09	4
549640.7	4507039	M53	0.065	21	22	0.27	47	0.004	0.05	2.26	0.016	0.07	2	2	2	8	0.12	1
549706.1	4507265	M54	0.047	25	30	0.25	41	0.005	0.05	2.88	0.014	0.07	1	1	2.6	1	0.05	5
549791.6	4507259	M55	0.041	24	23	0.21	30	0.004	1	1.77	0.011	0.05	2	1	1.6	2	0.07	3
549932.3	4506539	M56	0.067	22	21	0.33	48	0.003	2	1.6	0.015	0.06	2	1	1.5	0.05	0.06	3

Tabela I.2 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Bacia Hidrográfica do rio Mau																				
550310.8	4506367	M57	0.6	48	129	136	0.3	60	77	758	4.57	44	0.05	7	15	0.3	0.5	0.25	26	0.08
550978.1	4506457	M58	0.6	40	66	115	0.1	53	27	315	3.28	32	0.05	6	18	0.3	1.5	0.25	29	0.08
549985.3	4506033	M59	0.3	44	55	380	0.1	142	83	898	3.46	23	0.05	4	27	1.8	1.4	0.25	24	0.12
549928.1	4505738	M60	0.9	49	127	48	0.2	13	3	65	3.01	26	0.05	4	6	0.3	1.6	0.7	26	0.04
549883.6	4505675	M61	0.1	35	189	374	0.1	72	73	571	3.42	19	0.05	5	21	2.3	1.2	0.25	22	0.06
549853.1	4505466	M62	0.7	42	306	153	0.2	26	43	364	4.24	33	0.05	7	15	0.8	0.7	0.25	31	0.05
549781.5	4505342	M63	0.9	49	223	284	0.2	31	15	295	4.5	21	0.05	7	17	1.7	2.2	0.5	29	0.08
549853.1	4505220	M64	0.2	45	1606	458	1.1	26	19	548	3.96	18	0.05	6	11	2.7	1	0.25	37	0.16
550040.8	4505053	M65	0.5	48	1025	267	0.8	33	20	360	4.2	29	0.05	6	12	1.4	2	0.25	40	0.08
549831.9	4504516	M66	0.1	32	1671	365	0.9	26	10	394	3.61	19	0.05	7	9	1.9	2.6	0.25	34	0.14
551602.4	4506798	M67	0.1	42	29	110	0.2	43	101	513	4.22	36	0.05	8	7	0.4	0.8	0.25	41	0.05
551488.3	4506671	M68	0.2	48	40	84	0.1	35	18	127	3.39	33	0.05	7	4	0.3	0.25	0.25	29	0.02
551287.4	4506425	M69	0.7	42	30	49	0.2	10	12	192	4.23	32	0.05	11	6	0.01	0.5	0.25	28	0.01
551200.9	4506281	M70	0.8	40	35	41	0.2	10	9	157	3.82	42	0.05	7	4	0.2	0.9	0.25	26	0.02
551020.8	4506216	M71	0.6	29	43	49	0.1	16	4	103	3.88	33	0.05	9	4	0.2	0.25	0.25	26	0.02
550639.7	4506150	M72	0.6	28	65	71	0.1	15	5	104	3.77	28	0.05	9	8	0.4	0.25	0.25	32	0.03
551681	4507787	M73	0.4	32	59	147	0.2	25	20	551	3.32	24	1	4	17	0.9	0.6	0.25	33	0.17
552112.6	4508686	M74	0.3	27	94	93	0.8	8	4	444	1.72	11	3	5	22	0.5	0.9	0.25	25	0.25
551665.2	4509634	M75	0.1	35	638	150	0.3	70	19	497	3.72	17	3	9	27	0.6	0.7	0.25	73	0.25

Tabela I.2 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Bacia Hidrográfica do rio Mau																		
550310.8	4506367	M57	0.051	28	25	0.3	34	0.002	0.05	1.94	0.014	0.05	1	0.05	1.7	3	0.06	3
550978.1	4506457	M58	0.043	21	21	0.2	35	0.003	1	1.47	0.02	0.07	1	1	1.4	1	0.05	3
549985.3	4506033	M59	0.06	18	20	0.38	53	0.003	1	1.73	0.015	0.06	2	1	1.7	0.05	0.07	3
549928.1	4505738	M60	0.096	16	21	0.21	25	0.004	2	1.78	0.01	0.09	2	1	1.4	0.05	0.13	3
549883.6	4505675	M61	0.067	22	20	0.27	49	0.003	1	1.53	0.018	0.06	2	0.05	1.6	1	0.06	3
549853.1	4505466	M62	0.065	25	30	0.36	33	0.004	1	2.84	0.008	0.07	1	1	2.8	2	0.04	5
549781.5	4505342	M63	0.067	20	30	0.63	32	0.003	1	2.37	0.006	0.09	2	1	1.7	0.05	0.03	4
549853.1	4505220	M64	0.074	19	29	0.46	52	0.034	0.05	1.92	0.007	0.15	2	0.05	3.3	1	0.18	5
550040.8	4505053	M65	0.067	22	31	0.49	43	0.021	3	2.32	0.005	0.13	2	1	3.3	1	0.06	5
549831.9	4504516	M66	0.064	22	27	0.65	51	0.052	2	1.69	0.006	0.17	2	1	3.1	1	0.08	5
551602.4	4506798	M67	0.058	38	32	0.48	34	0.008	0.05	2.1	0.008	0.07	3	1	3.9	2	0.04	5
551488.3	4506671	M68	0.049	30	23	0.14	16	0.004	0.05	1.58	0.005	0.04	2	1	2.1	3	0.05	4
551287.4	4506425	M69	0.044	54	29	0.45	17	0.003	2	2.3	0.002	0.05	0.5	0.05	1.9	1	0.02	4
551200.9	4506281	M70	0.043	58	30	0.39	22	0.003	0.05	2.5	0.002	0.05	1	1	1.8	3	0.03	4
551020.8	4506216	M71	0.04	27	30	0.46	19	0.003	3	2.97	0.006	0.05	1	0.05	2.5	4	0.04	4
550639.7	4506150	M72	0.036	30	28	0.3	24	0.004	1	2.53	0.004	0.07	0.5	1	2.1	1	0.03	4
551681	4507787	M73	0.091	18	27	0.31	103	0.027	5	1.9	0.01	0.15	2	1	2.7	2	0.05	5
552112.6	4508686	M74	0.081	30	15	0.32	110	0.06	5	2.44	0.014	0.24	1	0.05	1.9	0.05	0.07	8
551665.2	4509634	M75	0.062	32	137	1.1	187	0.138	0.05	3.59	0.017	0.47	0.5	0.05	6.7	3	0.06	10

Tabela I.3

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Ribeira do Pessegueiro																				
547617	4503945	R1	0.9	125	87	172	0.5	31	25	825	3.42	27	0.05	7	19	0.6	0.7	0.25	25	0.48
548275.7	4504300	R2	0.6	53	40	122	0.2	29	31	672	3.57	105	0.05	12	5	0.7	2.9	0.25	12	0.03
548548.8	4504417	R3	0.9	61	99	362	0.3	84	78	762	3.98	67	0.05	7	18	1.7	1.3	0.6	27	0.13
553353.6	4509728	R4	0.1	44	77	181	0.1	28	14	325	4.4	8	0.05	8	7	0.4	2.1	0.25	91	0.06
553533.1	4508711	R5	0.5	43	91	191	1	25	11	285	3.62	6	0.05	8	12	0.5	0.8	0.25	72	0.16
553650	4507673	R6	0.3	43	88	189	0.7	22	10	310	3.17	8	1	8	13	0.5	1.1	0.25	62	0.14
553773	4506937	R7	0.4	47	93	184	0.7	20	10	316	3.09	10	1	9	15	0.5	0.25	0.25	59	0.17
553169.6	4507328	R8	0.1	29	35	80	0.1	10	5	326	1.46	9	5	4	17	0.01	1.1	0.25	25	0.16
553013.4	4506600	R9	1	116	192	277	0.4	31	16	468	2.72	4	2	3	48	1	0.25	0.8	26	2.17
552772.8	4505809	R10	0.3	99	63	196	0.2	49	31	585	5.12	15	0.05	5	17	1	0.25	0.25	91	0.19
553278.1	4510297	R11	0.1	46	80	187	0.05	25	12	277	4.17	9	0.05	6	5	0.3	0.6	0.25	82	0.02
554080	4506719	R12	0.3	82	69	168	0.1	12	10	542	1.96	14	3	5	13	0.6	0.25	0.25	35	0.18
553529.3	4506559	R13	0.3	57	77	110	0.1	14	9	352	1.85	14	4	6	10	0.4	0.9	0.25	31	0.11
550793.6	4504774	R14	0.3	41	84	311	0.2	48	31	409	2.95	29	3	6	14	1.6	0.25	0.7	31	0.1
551603.9	4504880	R15	0.5	36	19	72	0.1	27	19	155	4.2	26	0.05	8	8	0.3	1	0.25	20	0.03
551666.1	4504793	R16	0.4	32	27	98	0.1	40	15	166	2.84	34	2	5	10	0.5	0.7	0.5	22	0.11
549226.6	4504867	R17	0.6	50	104	329	0.2	49	25	370	3.46	18	0.05	3	40	2.1	1.1	0.5	22	0.34
546565.6	4502824	R18	0.2	97	86	106	0.1	40	35	1136	5.6	32	0.05	9	12	0.4	1.5	0.5	36	0.11
545804.1	4502926	R19	0.2	62	44	159	0.1	60	79	2215	6.51	35	0.05	12	7	0.01	1	0.25	29	0.08
545578	4503863	R20	0.1	54	52	84	0.1	41	18	639	5.07	26	0.05	11	7	0.5	0.6	0.25	28	0.07
545747.4	4503665	R21	0.1	51	53	79	0.1	44	30	1922	4.83	25	0.05	10	15	0.4	1.1	0.25	35	0.13

Tabela I.3 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Código	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Ribeira do Pessegueiro																		
547617	4503945	R1	0.162	34	37	0.35	62	0.026	1	2.01	0.011	0.08	2	0.05	3.3	0.05	0.05	5
548275.7	4504300	R2	0.077	39	10	0.06	30	0.001	4	0.86	0.004	0.06	2	0.05	2.9	3	0.07	1
548548.8	4504417	R3	0.068	28	24	0.3	55	0.006	2	2.21	0.014	0.09	2	0.05	2.5	0.05	0.05	4
553353.6	4509728	R4	0.036	22	57	1.02	129	0.231	0.05	3.81	0.019	0.76	1	0.05	9.7	5	0.005	10
553533.1	4508711	R5	0.071	22	48	0.87	141	0.198	0.05	3.4	0.021	0.67	1	0.05	7.8	3	0.02	10
553650	4507673	R6	0.063	21	41	0.78	132	0.183	3	3.06	0.017	0.63	1	0.05	6.8	1	0.02	10
553773	4506937	R7	0.068	25	39	0.73	134	0.166	3	3.28	0.019	0.59	1	0.05	6.6	0.05	0.02	10
553169.6	4507328	R8	0.053	19	17	0.34	101	0.074	2	1.68	0.008	0.23	0.5	0.05	2.5	0.05	0.02	5
553013.4	4506600	R9	0.242	21	34	0.47	124	0.064	11	1.63	0.031	0.23	0.5	0.05	3.5	1	0.09	4
552772.8	4505809	R10	0.082	36	69	0.75	48	0.044	4	2.74	0.013	0.09	1	0.05	8.7	1	0.05	6
553278.1	4510297	R11	0.033	16	57	0.94	112	0.231	0.05	3.55	0.015	0.72	1	0.05	9.6	1	0.005	10
554080	4506719	R12	0.058	18	27	0.42	94	0.09	2	1.93	0.01	0.33	0.5	1	4.4	0.05	0.02	7
553529.3	4506559	R13	0.046	20	17	0.37	80	0.068	0.05	1.54	0.007	0.28	0.5	0.05	3.2	1	0.01	5
550793.6	4504774	R14	0.069	21	25	0.37	49	0.03	3	2.06	0.012	0.16	2	0.05	2.5	2	0.05	5
551603.9	4504880	R15	0.044	39	24	0.34	19	0.002	3	1.69	0.005	0.04	1	0.05	1.4	0.05	0.03	3
551666.1	4504793	R16	0.063	26	23	0.31	34	0.015	0.05	1.8	0.009	0.12	2	0.05	1.9	2	0.05	4
549226.6	4504867	R17	0.092	18	21	0.38	71	0.007	2	2.09	0.016	0.11	0.5	1	1.8	0.05	0.07	4
546565.6	4502824	R18	0.097	37	33	0.61	53	0.006	0.05	2.8	0.021	0.07	1	0.05	3.2	2	0.06	6
545804.1	4502926	R19	0.054	40	34	0.9	37	0.004	0.05	2.59	0.002	0.05	1	0.05	3.1	5	0.05	6
545578	4503863	R20	0.064	40	32	0.73	23	0.003	0.05	2.73	0.006	0.06	2	0.05	2.9	2	0.04	6
545747.4	4503665	R21	0.046	35	36	0.47	69	0.004	0.05	2.79	0.015	0.08	1	0.05	3.2	6	0.02	7

Tabela I.4

Sedimentos de linha de água. Teores “totais” de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Codigo	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	Ca
Troço do rio Vouga																				
554075	4506717	V1	0.7	30	35	133	0.4	14	7	336	2.05	25	8	8	15	0.7	0.25	0.25	26	0.18
553763.6	4506326	V2	0.2	30	42	95	0.2	12	4	167	1.74	13	6	7	12	0.3	0.5	0.25	28	0.15
552965.3	4505879	V3	0.1	37	45	141	0.3	16	7	197	2.33	21	6	6	12	0.8	0.25	0.25	32	0.12
552516.3	4505070	V4	0.2	21	30	92	0.1	10	6	219	1.67	17	6	17	10	0.3	0.8	0.25	22	0.14
550701.1	4504741	V5	0.3	39	40	122	0.3	14	6	168	1.97	18	7	7	13	0.7	0.5	1.2	32	0.14
551343.3	4504827	V6	0.1	32	33	104	0.3	14	8	325	2.03	26	8	9	11	0.4	0.6	0.7	28	0.14
549764.8	4504656	V7	0.2	28	1870	212	0.4	19	7	237	2.39	17	1	6	5	1.6	0.8	0.25	26	0.07
549812.5	4504468	V8	0.2	23	31	145	0.2	13	7	334	1.86	30	5	8	9	0.7	0.5	0.25	25	0.14
549148.6	4504523	V9	0.2	18	93	92	0.1	9	4	140	1.52	12	5	11	8	0.3	0.5	0.6	20	0.12
548896.1	4504283	V10	0.2	15	58	85	0.1	8	4	132	1.41	11	3	7	7	0.3	0.25	0.25	17	0.09
548149.4	4503963	V11	0.5	30	95	128	0.3	16	8	228	2.31	24	6	7	11	0.6	0.8	0.25	30	0.12
547374.5	4503271	V12	0.4	39	154	189	0.6	19	15	755	2.78	36	9	6	20	0.9	0.9	0.9	35	0.24
546781.9	4502763	V13	0.3	66	78	70	0.3	13	4	115	2.09	60	1	8	5	0.2	1	0.25	22	0.03
546280.5	4502599	V14	0.3	70	91	90	0.4	14	5	144	2.07	57	2	6	8	0.4	0.7	0.5	22	0.08
545576	4502827	V15	0.3	39	80	123	0.3	16	9	320	2.11	35	4	7	10	0.4	0.25	0.25	25	0.11

Tabela I.4 (Continuação)

Sedimentos de linha de água. Teores "totais" de 34 elementos químicos (Fe, Ca, P, Mg, Ti, Al, Na, K, S em %; restantes elementos em mg kg⁻¹).

M	P	Codigo	P	La	Cr	Mg	Ba	Ti	B	Al	Na	K	W	Hg	Sc	Tl	S	Ga
Troço do rio Vouga																		
554075	4506717	V1	0.115	21	24	0.39	66	0.072	0.05	2.06	0.01	0.27	1	1	2.8	0.05	0.05	6
553763.6	4506326	V2	0.065	20	19	0.4	62	0.087	6	1.85	0.011	0.28	2	0.05	3	0.05	0.04	5
552965.3	4505879	V3	0.096	18	27	0.46	73	0.086	2	2.25	0.01	0.3	2	1	3.4	2	0.07	6
552516.3	4505070	V4	0.076	36	18	0.34	47	0.072	1	1.48	0.006	0.24	3	0.05	2.6	1	0.02	5
550701.1	4504741	V5	0.091	20	23	0.39	65	0.077	1	2.18	0.009	0.26	2	0.05	3.1	2	0.07	6
551343.3	4504827	V6	0.086	23	21	0.38	55	0.079	0.05	2.01	0.01	0.28	1	0.05	2.9	0.05	0.04	6
549764.8	4504656	V7	0.063	17	20	0.4	38	0.058	5	1.59	0.004	0.19	1	0.05	2.7	2	0.04	4
549812.5	4504468	V8	0.082	21	20	0.37	57	0.078	8	1.6	0.014	0.26	1	1	2.7	1	0.03	5
549148.6	4504523	V9	0.073	26	16	0.31	40	0.064	0.05	1.41	0.008	0.2	2	0.05	2.3	2	0.03	4
548896.1	4504283	V10	0.059	14	15	0.29	37	0.064	0.05	1.18	0.004	0.2	1	0.05	2	1	0.01	4
548149.4	4503963	V11	0.09	21	25	0.42	61	0.074	0.05	2.14	0.007	0.25	1	1	3.1	0.05	0.04	6
547374.5	4503271	V12	0.128	23	30	0.45	88	0.07	4	2.68	0.012	0.3	1	0.05	3.7	1	0.06	8
546781.9	4502763	V13	0.052	28	17	0.23	38	0.029	3	1.2	0.002	0.11	2	0.05	2.4	4	0.02	3
546280.5	4502599	V14	0.069	24	19	0.26	41	0.035	0.05	1.3	0.004	0.14	3	0.05	2.6	1	0.03	4
545576	4502827	V15	0.068	21	20	0.35	55	0.065	0.05	1.59	0.006	0.22	2	1	2.7	0.05	0.03	5

Tabela I.5

Material de escombreira - Teores "totais" de elementos químicos determinados em três locais (A, B, C) das escombreyras da mina do Palhal (MP), em diferentes profundidades e em quatro locais, considerados de escorrências.

Amostra	Escombreira	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	La	V	Ca	P	Fe
		mg kg ⁻¹																		%		
MPe14A		9	497	995	170	19.4	22	17	589	58300	5	6	15	36	2.4	12	163	50	72	0.24	0.366	12.08
MPe15A	A	8	347	578	71	19.2	1	1	217	140100	5	2	17	21	2.6	49	339	30	21	0.17	0.592	21.11
MPe16A		7	638	932	162	18.9	4	3	620	134600	5	4	17	34	9.9	55	351	58	18	0.36	0.391	17.76
MPe17A		10	206	2356	106	28.7	10	5	302	25200	5	4	15	65	1	47	204	58	50	0.2	0.079	7.84
MPe1B	B	11	460	516	180	13.5	8	4	405	174000	5	6	19	23	9.8	34	354	40	24	0.18	0.543	20.86
MPe2B		12	362	1070	385	12.2	60	38	529	150300	5	2	13	45	12.1	39	282	63	21	2.19	0.495	19.24
MPe3B		6	602	466	593	9.4	50	55	623	156900	5	5	16	38	27.7	91	360	41	11	1.09	0.403	23.48

Amostra	Escombreira	Cr	Ba	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc		Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹									%				
MPe14A		72	348	78	70	20	19	4	13		0.4	0.3	5.75	0.18	1.38
MPe15A	A	33	112	96	60	14	7	3	5		0.09	0.09	1.5	0.1	0.56
MPe16A		38	128	133	58	24	9	4	8		0.11	0.14	1.79	0.14	0.64
MPe17A		46	156	100	43	18	13	4	9		0.13	0.28	3.95	0.23	2.47
MPe1B	B	37	138	76	55	13	14	2	7		0.07	0.2	1.4	0.08	0.54
MPe2B		32	42	85	39	18	11	2	7		0.11	0.15	1.46	0.08	0.38
MPe3B		34	37	82	48	18	10	3	8		0.06	0.12	1.06	0.07	0.34

Tabela I.6

Teores totais de elementos químicos determinados em três locais (A, B, C) das escombreyas da mina Coval da Mó (MCM), em diferentes profundidades e em quatro locais, considerados de escombreyas.

Amostra (Perfil)	Escombreyas	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	La	V	Ca	P	Fe
		mg kg ⁻¹																	%		
MCMe1A	A	1	492	23590	2269	12.2	388	33	843	104	5	6	60	4.3	17	2.5	12	83	0.21	0.057	10.32
MCMe2A		1	267	21740	646	8.4	29	4	110	145	5	9	44	0.2	12	2.5	21	131	0.01	0.104	9.92
MCMe3	escombreyas	1	156	17510	2294	7.2	51	37	685	41	10	9	44	8.1	17	2.5	23	142	0.08	0.08	7.26
MCMe4B		2	257	26290	630	13.1	77	17	301	90	5	11	64	1.3	25	2.5	18	143	0.04	0.079	10.5
MCMe5B		1	247	30980	3331	133	40	6	37	64	5	7	47	0.2	40	2.5	18	88	0.01	0.066	20.11
MCMe6B		1	223	27760	309	8.6	29	5	107	46	5	6	64	0.7	11	2.5	13	154	0.02	0.061	7.23
MCMe7B	B	1	314	9962	2368	4.8	465	123	1289	125	5	8	31	9.6	7	2.5	15	145	0.26	0.058	8.48
MCMe8B		1	407	26980	2170	44.6	66	12	163	80	5	9	46	1.4	33	2.5	21	107	0.13	0.125	18.56
MCMe13B		1	204	17900	139	6.3	28	4	107	318	5	5	90	0.7	7	2.5	11	168	0.01	0.033	3.09
MCMe9	escombreyas	1	168	13380	1315	6.5	78	21	495	46	14	10	40	3.9	9	2.5	27	133	0.2	0.069	7.18
MCMe10	escombreyas	1	155	8557	1258	5.8	71	21	531	56	5	9	42	3.8	5	2.5	22	138	0.17	0.068	6.95
MCMe14C		1	389	18250	2397	59.9	29	4	87	113	5	12	36	3.6	26	2.5	28	128	0.29	0.183	14.5
MCMe15C		1	174	6061	481	16.8	17	3	127	43	5	10	36	3.2	5	2.5	16	170	0.04	0.074	3.79
MCMe16C	C	2	250	16680	1962	91.5	17	2	97	133	5	12	38	3.6	16	2.5	28	133	0.05	0.191	13.58
MCMe17C		1	180	7515	456	33	21	3	118	54	5	15	54	2.4	6	2.5	19	163	0.15	0.081	4.63
MCMe11	escombreyas	1	113	6601	884	3.9	60	18	473	48	5	7	42	2.9	2.5	2.5	21	138	0.14	0.071	6.07

Tabela I.6 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos determinados em três locais (A, B, C) das escombreyas da mina Coval da Mó (MCM), em diferentes profundidades e em quatro locais, considerados de escombreyas.

Amostra (Perfil)	Escombreyas	Cr	Ba	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹								%				
MCMe1A	A	55	255	77	5	6	3	5	10	0.88	0.13	7.51	0.15	1.58
MCMe2A		82	326	114	9	5	1	3	14	0.73	0.14	6.51	0.18	2.94
MCMes3	escombreyas	87	352	118	10	5	2	2	13	0.9	0.17	6.66	0.19	3.11
MCMe4B		96	447	133	18	6	3	3	16	1.14	0.16	7.84	0.16	3.16
MCMe5B		53	139	82	31	4	2	2	9	0.23	0.08	4.01	0.1	1.59
MCMe6B	B	98	446	137	11	4	2	3	14	0.96	0.21	7.05	0.22	3.3
MCMe7B		97	393	126	7	7	1	4	13	1.4	0.16	7.17	0.19	3.19
MCMe8B		71	177	91	17	5	1	2	11	0.52	0.1	5.2	0.12	2.26
MCMe13B		89	491	143	11	4	5	3	14	0.9	0.27	7.1	0.24	3.66
MCMes9	escombreyas	92	363	114	6	6	2	2	13	1.08	0.16	6.8	0.21	3
MCMes10	escombreyas	90	389	111	7	6	1	2	13	1.08	0.16	6.67	0.22	2.98
MCMe14C		86	278	107	19	7	1	3	14	0.77	0.14	6.46	0.14	2.84
MCMe15C	C	100	475	131	16	5	6	2	15	1.14	0.29	7.57	0.2	3.65
MCMe16C		95	358	123	24	7	1	3	14	0.8	0.17	6.78	0.16	2.97
MCMe17C		96	439	125	15	5	5	3	14	1.13	0.27	7.22	0.19	3.46
MCMes11	escombreyas	87	399	114	7	6	1	3	13	1.06	0.18	6.63	0.24	3.02

ANEXO II

Parâmetros físico-químicos e biológicos determinados para as águas

Tabela II.1

Composição química das amostras de água de superfície das 20 estações de amostragem localizadas nas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Verão 2001.

Estações	X	Y	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Te	Ti	Tl	U	V	W	Zn
			ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb
Bacia Hidrográfica do rio Caima																																			
SF1	558656	4525188	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	0.8	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.4	0.0	0.3	0.0	2.5	2.8	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.8	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	2.5
C18	550946.2	4520668	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.7	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	1.3	0.0	2.5	7.2	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	5.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	2.5
C23	550233.3	4520673	2.5	0.1	15.0	24.0	10.0	2.0	10.0	4.2	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.9	0.0	1.7	0.0	2.5	12.1	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	5.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0
C39	547188.4	4518185	2.5	0.1	15.0	28.0	10.0	1.0	10.0	4.3	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	2.0	0.0	1.7	0.0	2.5	12.6	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	5.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	8.0
C66	545817.8	4511786	2.5	0.1	35.0	10.0	10.0	2.0	10.0	4.6	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.5	0.0	2.4	0.0	2.5	10.5	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.6	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0
MP	546050.0	4510725	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.5	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.5	0.0	2.2	0.0	2.5	11.2	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	7.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0
C68	546012	4510590	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.5	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	1.6	0.0	2.3	0.0	2.5	10.8	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	7.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	8.0
C74	545382.7	4509238	2.5	0.1	51.0	38.0	10.0	1.0	10.0	5.9	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	2.6	0.0	4.2	0.0	2.5	31.3	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	5.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0
MCM*	548788	4510397	2.5	0.4	35.0	10.0	10.0	1.0	10.0	8.7	1.0	15.0	9.0	10.0	1.0	0.0	0.5	0.0	12.5	0.4	2.5	9.0	17.0	0.0	5.0	5.0	10.0	15.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	177.0
C79*	547161.6	4508948	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	6.3	2.0	15.0	2.5	10.0	6.0	0.0	0.8	0.0	6.4	0.0	2.5	9.3	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	7.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	74.0
C85*	546082.5	4506691	2.5	0.1	42.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.6	2.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	3.6	0.0	2.5	7.3	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	7.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	5.0
C93	546101.8	4506528	2.5	0.1	32.0	25.0	10.0	1.0	10.0	4.9	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.7	0.0	2.0	0.0	2.5	10.9	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	5.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	9.0
C99	545459.2	4505285	2.5	0.1	45.0	26.0	10.0	1.0	10.0	5.5	2.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.7	0.0	2.5	0.0	2.5	10.5	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.5	14.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	9.0
Bacia Hidrográfica do rio Mau																																			
M25	550652.6	4510230	2.5	0.1	38.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.6	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	1.5	0.0	2.5	7.5	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0
M29	550626.8	4509909	2.5	0.1	36.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.5	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	1.5	0.0	2.5	7.2	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	2.5
MB	550792.8	4509522	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
M66	549831.9	4504516	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.3	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.4	0.0	1.9	0.0	2.5	7.6	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	7.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	20.0
Troço do rio Vouga																																			
V5	550701.1	4504741	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.7	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.4	0.0	2.5	9.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0
V7	549764.8	4504656	2.5	0.1	32.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.6	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.4	0.0	1.3	0.0	2.5	8.9	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.6	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0
V14	546280.5	4502599	2.5	0.1	15.0	21.0	10.0	1.0	10.0	3.8	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	1.5	0.0	1.7	0.0	2.5	9.7	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	6.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	2.5

Refª = referenciada estação de amostragem; X e Y = Coordenadas geográficas; MP = Minas do Palhal; MCM = Minas Coval da Mó; MB = Minas d Braçal; n.d.= Não determinado

Tabela II.2

Composição química das amostras de água de superfície das 20 estações de amostragem localizadas nas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Outono 2001.

Refª	X	Y	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Te	Ti	Tl	U	V	W	Zn	S
			ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb
Bacia Hidrográfica do rio Caima																																				
SF1	558656	4525188	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	0.7	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	2.5	3.5	2.5	0.2	10.0	5.0	10.0	1.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0	0.5
C18	550946.2	4520668	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.8	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	0.7	0.0	1.1	0.0	2.5	5.2	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	3.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0	1.0
C23	550233.3	4520673	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.2	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.1	1.2	0.0	1.7	0.0	2.5	8.0	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	3.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	20.0	2.0
C39	547188.4	4518185	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.5	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.0	0.9	0.0	2.0	0.0	2.5	7.5	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	5.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	20.0	2.0
C66	545817.8	4511786	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.5	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.2	0.0	3.1	0.0	2.5	10.0	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	5.6	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	3.0
MP	546050.0	4510725	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	8.1	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.1	1.2	0.0	2.6	0.0	2.5	9.2	2.5	0.0	11.0	5.0	10.0	5.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	2.0
C68	546012	4510590	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.8	1.0	15.0	2.5	10.0	15.0	0.1	1.1	0.0	2.4	0.1	2.5	8.4	7.0	0.1	5.0	5.0	10.0	5.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	22.0	3.0
C74	545382.7	4509238	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	9.6	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	0.5	0.0	7.7	0.0	2.5	7.8	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	6.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	90.0	9.0
MCM	548788	4510397	2.5	0.4	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	8.6	10.0	15.0	14.0	10.0	10.0	0.0	0.3	0.0	6.5	0.1	2.5	6.6	62.0	0.1	1734.0	5.0	10.0	8.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	1127.0	18.0
C79	547161.6	4508948	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	6.5	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.4	0.0	2.0	0.0	2.5	8.4	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	16.0	3.0
C85	546082.5	4506691	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.3	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	0.9	0.0	3.4	0.1	2.5	7.0	6.0	0.0	5.0	5.0	10.0	5.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	34.0	5.0
C93	546101.8	4506528	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.5	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.2	0.0	2.0	0.0	2.5	8.0	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	17.0	3.0
C99	545459.2	4505285	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.3	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.4	0.0	2.1	0.0	2.5	9.6	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	2.0
Bacia Hidrográfica do rio Mau																																				
M25	550652.6	4510230	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.4	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	1.9	0.0	2.5	7.1	2.5	0.0	58.0	5.0	10.0	4.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	9.0	2.0
M29	550626.8	4509909	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.3	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.9	0.0	1.7	0.0	2.5	6.7	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0	1.0
MB	550792.8	4509522	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.2	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.1	1.2	0.0	1.7	0.0	2.5	8.1	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	1.0
M66	549831.9	4504516	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.8	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.1	0.9	0.0	2.1	0.0	2.5	7.4	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	5.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	28.0	2.0
Troço do rio Vouga																																				
V5	550701.1	4504741	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.9	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	1.1	0.0	1.3	0.0	2.5	6.4	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0	1.0
V7	549764.8	4504656	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.3	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.1	1.1	0.0	1.6	0.0	2.5	6.8	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	2.0
V14	546280.5	4502599	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.9	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.2	0.0	1.9	0.0	2.5	7.2	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	27.0	2.0

Refª = referenciada estação de amostragem; X e Y = Coordenadas geográficas; MP = Minas do Palhal; MCM = Minas Coval da Mó; MB = Minas d Braçal; n.d. = Não determinado

Tabela II.3

Composição química das amostras de água de superfície das 20 estações de amostragem localizadas nas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Inverno 2001/2002

Refª	X	Y	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Te	Ti	Tl	U	V	W	Zn	S
			ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm
Bacia Hidrográfica do rio Caima																																				
SF1	558656	4525188	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	0.8	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.1	0.0	0.4	0.0	2.5	2.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	0.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	13.0	0.5
C18	550946.2	4520668	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.8	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	0.8	0.0	1.6	0.0	2.5	6.8	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	0.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	8.0	2.0
C23	550233.3	4520673	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.9	1.0	15.0	2.5	10.0	5.0	0.0	1.1	0.0	1.7	0.1	2.5	8.0	11.0	0.2	5.0	5.0	10.0	0.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	24.0	2.0
C39	547188.4	4518185	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.1	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	1.2	0.0	1.8	0.0	2.5	9.1	2.5	0.2	5.0	5.0	10.0	0.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	13.0	2.0
C66	545817.8	4511786	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.3	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.0	1.0	0.0	2.5	0.0	2.5	9.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	0.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	3.0
MP	546050.0	451075	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.6	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.0	1.0	0.0	2.6	0.0	2.5	8.8	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	0.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	3.0
C68	546012	4510590	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.6	1.0	15.0	2.5	10.0	8.0	0.0	0.9	0.0	2.6	0.0	2.5	8.8	6.0	0.0	5.0	5.0	10.0	0.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	3.0
C74	545382.7	4509238	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.4	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	1.2	0.0	2.0	0.0	2.5	9.3	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	1.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	5.0	3.0
MCM	548788	4510397	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	7.0	5.0	15.0	10.0	10.0	2.0	0.1	0.2	0.0	6.9	0.2	2.5	6.1	38.0	0.0	43.0	5.0	10.0	0.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	695.0	15.0
C79	547161.6	4508948	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	12.1	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.1	0.6	0.0	10.6	0.0	2.5	11.5	8.0	0.1	5.0	5.0	10.0	3.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	9.0	12.0
C85	546082.5	4506691	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.6	1.0	15.0	2.5	10.0	2.0	0.0	0.9	0.0	4.1	0.1	2.5	8.6	2.5	< .02	5.0	5.0	10.0	1.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	5.0
C93	546101.8	4506528	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.5	1.0	15.0	2.5	10.0	32.0	0.0	1.1	0.0	2.1	0.0	2.5	8.3	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	1.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	58.0	3.0
C99	545459.2	4505285	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.2	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.1	0.8	0.0	1.7	0.0	2.5	10.0	2.5	0.8	5.0	5.0	10.0	1.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	15.0	3.0
Bacia Hidrográfica do rio Mau																																				
M25	550652.6	4510230	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.3	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.7	0.0	1.9	0.0	2.5	7.4	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
M29	550626.8	4509909	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.2	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.7	0.0	1.9	0.0	2.5	7.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
MB	550792.8	4509522	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.1	1.0	15.0	2.5	34.0	3.0	0.1	0.6	0.0	1.9	0.0	2.5	6.7	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.6	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	17.0	2.0
M66	549831.9	4504516	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.7	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.0	0.8	0.0	2.3	0.0	2.5	8.0	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.8	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	39.0	2.0
Troço do rio Vouga																																				
V5	550701.1	4504741	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.6	1.0	15.0	2.5	10.0	1.0	0.1	1.0	0.0	1.5	0.0	2.5	7.7	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	1.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0	2.0
V7	549764.8	4504656	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.9	1.0	15.0	2.5	31.0	1.0	0.1	0.8	0.0	1.3	0.0	2.5	6.5	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	1.6	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	8.0	2.0
V14	546280.5	4502599	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.1	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.2	1.1	0.0	2.1	0.0	2.5	9.1	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	2.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	16.0	3.0

Refª = referenciada estação de amostragem; X e Y = Coordenadas geográficas; MP = Minas do Palhal; MCM = Minas Coval da Mó; MB = Minas d Braçal; n.d.= Não determinado

Tabela II.4

Composição química das amostras de água de superfície das 20 estações de amostragem localizadas nas bacias hidrográficas do rio Caima e do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Primavera 2002.

Refª	X	Y	Ag	Al	As	B	Ba	Be	Bi	Ca	Cd	Ce	Co	Cr	Cu	Fe	K	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Sb	Se	Si	Te	Ti	Tl	U	V	W	Zn	S
			ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppb	ppm	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb
Bacia Hidrográfica do rio Caima																																				
SF1	558656	4525188	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	0.7	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	2.5	2.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	1.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0	0.5
C18	550946.2	4520668	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.3	1.0	15.0	2.5	10.0	5.0	0.0	0.6	0.0	1.0	0.0	2.5	5.1	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	3.3	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	5.0	1.0
C23	550233.3	4520673	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.9	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.2	0.0	1.4	0.0	2.5	9.3	2.5	0.3	5.0	5.0	10.0	3.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
C39	547188.4	4518185	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.9	1.0	15.0	2.5	10.0	6.0	0.1	1.3	0.0	1.5	0.0	2.5	8.8	2.5	0.2	5.0	5.0	10.0	3.8	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
C66	545817.8	4511786	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.8	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.1	1.1	0.0	2.2	0.0	2.5	8.6	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.8	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	2.0
MP	546050.0	4510725	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	7.2	1.0	15.0	2.5	10.0	5.0	0.1	1.1	0.0	2.3	0.0	2.5	9.0	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0	2.0
C68	546012	4510590	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.7	1.0	15.0	2.5	10.0	16.0	0.1	1.2	0.0	2.4	0.0	2.5	9.4	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	16.0	3.0
C74	545382.7	4509238	2.5	0.1	15.0	21.0	10.0	1.0	10.0	9.1	1.0	15.0	2.5	10.0	6.0	0.1	1.6	0.0	2.0	0.0	2.5	11.7	2.5	0.4	5.0	5.0	10.0	4.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	11.0	2.0
MCM	548788	4510397	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	19.3	1.0	15.0	9.0	10.0	5.0	0.1	0.5	0.0	14.4	0.5	2.5	8.7	24.0	0.0	5.0	5.0	10.0	11.7	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	157.0	18.0
C79	547161.6	4508948	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	12.8	1.0	15.0	2.5	10.0	11.0	0.0	0.4	0.0	9.3	0.0	2.5	8.5	6.0	0.0	5.0	5.0	10.0	5.8	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	87.0	8.0
C85	546082.5	4506691	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.9	1.0	15.0	2.5	10.0	14.0	0.0	0.7	0.0	4.2	0.1	2.5	7.3	5.0	0.0	5.0	5.0	10.0	4.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	114.0	5.0
C93	546101.8	4506528	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	7.8	1.0	15.0	2.5	10.0	8.0	0.1	1.4	0.0	2.2	0.0	2.5	10.0	2.5	0.3	5.0	5.0	10.0	4.2	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	14.0	3.0
C99	545459.2	4505285	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	9.3	1.0	15.0	2.5	10.0	9.0	0.1	1.5	0.0	1.9	0.0	2.5	10.0	2.5	0.3	5.0	5.0	10.0	3.9	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
Bacia Hidrográfica do rio Mau																																				
M25	550652.6	4510230	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.7	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.0	0.9	0.0	1.8	0.0	2.5	6.9	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	1.0
M29	550626.8	4509909	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.5	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.0	0.9	0.0	1.7	0.0	2.5	6.6	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	6.0	1.0
MB	550792.8	4509522	2.5	0.1	15.0	22.0	10.0	1.0	10.0	4.0	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.1	1.0	0.0	1.8	0.0	2.5	7.0	2.5	0.0	5.0	5.0	10.0	4.5	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	12.0	2.0
M66	549831.9	4504516	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	3.6	1.0	15.0	2.5	10.0	5.0	0.1	1.2	0.0	2.0	0.0	2.5	6.8	2.5	0.0	11.0	5.0	10.0	4.4	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	28.0	2.0
Troço do rio Vouga																																				
V5	550701.1	4504741	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	4.0	1.0	15.0	2.5	10.0	3.0	0.0	0.9	0.0	1.3	0.0	2.5	6.6	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.0	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	2.5	2.0
V7	549764.8	4504656	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	2.6	1.0	15.0	2.5	10.0	4.0	0.0	0.9	0.0	1.2	0.0	2.5	6.4	2.5	0.1	5.0	5.0	10.0	4.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	9.0	2.0
V14	546280.5	4502599	2.5	0.1	15.0	10.0	10.0	1.0	10.0	5.1	1.0	15.0	2.5	10.0	5.0	0.1	1.2	0.0	1.7	0.0	2.5	7.5	2.5	0.2	5.0	5.0	10.0	4.1	5.0	5.0	5.0	0.0	5.0	5.0	7.0	2.0

Ref^a = referenciada estação de amostragem; X e Y = Coordenadas geográficas; MP = Minas do Palhal; MCM = Minas Coval da Mó; MB = Minas d Braçal; n.d.= Não determinado

Tabela II.5

Parâmetros físico-químicos e biológicos da água e composição química da componente particulada da água dos rios Caima e afluente (Filvida), do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Verão de 2001.

Descrição		Físico-químicos														Particulado								Índices	
Local	Data	Temp.	VC	pH	Cond.	MT	OD	OSat.	CQO	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	Ni	Co	Cu	Fe	Cd	Zn	Pb	IBD	IPS	
Bacia Hidrográfica do rio Caima																									
SF1	18/07	14.5	n.d	7.2	33	45	10.4	110	5.0	4.0	1.0	l.d	0.05	1.0	9.75	l.d	l.d	l.d	72	7	l.d	l.d	16.7	17.4	
C18	18/07	16.0	n.d	7.0	62	59	10.7	111	9.6	15.0	6.0	9	0.03	5.0	14.9	l.d	6	1	0	9	l.d	l.d	15.6	15.6	
C23	18/07	17.3	n.d	7.0	98	93	8.9	95	2.3	13.0	11.0	61	0.05	5.0	20.7	l.d	l.d	l.d	66	8	l.d	6	9.3	5.1	
C39	18/07	18.7	n.d	7.1	102	97	9.4	102	4.0	17.0	11.0	10	0.07	6.0	14.7	l.d	l.d	l.d	62	5	l.d	7	14.0	9.6	
C66 *	09/07	17.6	n.d	7.1	96	92	8.9	89	l.d	12.0	9.0	l.d	0.03	6.0	15.5	l.d	l.d	1	64	8	l.d	l.d	16.2	9.5	
MP	09/07	17.1	n.d	7.1	96	91	9.4	94	l.d	8	8.0	l.d	0.05	4.0	16.2	l.d	l.d	0.0	57	8	l.d	4	16.6	13.1	
C68 *	09/07	17.8	n.d	7.2	99	94	9.5	95	4.8	12.0	8.0	l.d	0.03	7.0	16.1	l.d	l.d	4	140	9	l.d	l.d	15.7	9.6	
C74 *	09/07	18.9	n.d	7.2	105	100	9.2	92	4.5	35.0	9.0	l.d	0.03	11.0	15.0	l.d	l.d	l.d	69	9	l.d	l.d	10.0	7.0	
MCM	09/07	15.7	n.d	6.5	200	209	4.8	50	l.d	7.0	l.d	l.d	0.03	40.0	14.7	l.d	l.d	l.d	7690	48	74	l.d	n.d	n.d	
C79 *	09/07	17.9	n.d	7.2	130	129	8.3	90	9.3	10.0	2.0	l.d	0.03	17.0	16.0	l.d	l.d	l.d	l.d	6	1	l.d	17.1	16.8	
C85 *	09/07	17.8	n.d	7.2	96	96	9.0	98	0.0	8.0	4.0	l.d	0.03	13.0	15.6	l.d	l.d	l.d	l.d	7	l.d	22	16.8	16.8	
C93 *	09/07	19.4	n.d	7.1	104	99	9.0	90	5.5	13.0	8.0	l.d	0.04	7.0	14.5	l.d	l.d	l.d	103	08	l.d	8	10.8	8.0	
C99	18/07	20.0	n.d	7.1	101	96	8.3	90	1.0	12.0	6.0	l.d	0.03	8.0	14.7	l.d	l.d	l.d	108	8	l.d	9	13.9	9.9	
Bacia Hidrográfica do rio Mau																									
M25	19/07	17.2	n.d	7.3	66	63	9.4	97	1	9.0	7.0	l.d	0.03	2.0	15.8	l.d	l.d	l.d	l.d	7	l.d	l.d	14.1	13.5	
M29	19/07	17.0	n.d	7.3	60	57	9.4	98	l.d	9.0	7.0	l.d	0.02	3.0	15.1	l.d	l.d	l.d	l.d	8	l.d	l.d	13.6	15.1	
MB	19/07	17.5	n.d	7.2	65	62	9.7	97	-	-	-	-	-	-		l.d	l.d	l.d	l.d	-	l.d	l.d	17.9	11.6	
M66	19/07	17.4	n.d	7.0	79	75	8.5	88	5	10.0	7.0	l.d	0.04	5.0	16.8	l.d	3	l.d	59	10	l.d	l.d	18.0	8.1	
Troço do rio Vouga																									
V5	30/07	24.0	n.d	7.5	70	66	9.5	112	l.d	10.0	5.0	26	0.14	4.0	15.7	l.d	l.d	l.d	93	8	6	8	18.2	15.2	
V7	30/07	24.0	n.d	7.5	70	66	9.7	115	4.3	10.0	4.0	29	0.10	4.0	15.5	l.d	l.d	l.d	70	13	l.d	4	16.0	15.6	
V14	30/07	24.0	n.d	7.4	81	77	9.9	117	6.3	11.0	5.0	31	0.13	6.0	15.7	l.d	l.d	1.0	184	9	l.d	17	14.4	15.1	

Unidades: Temp.= Temperatura em °C; VC = Velocidade de Corrente em cms⁻¹; Cond. 20°C = Condutividade a 20°C μScm⁻¹; MT = Mineralização total em mg.l⁻¹; OD = Oxigénio dissolvido em mg.l⁻¹; OSat. = Percentagem de saturação de oxigénio; CQO(Cr) = Carência Química de Oxigénio em mg.l⁻¹ de oxigénio; Restantes valores em mg.l⁻¹, com excepção para o NO₂⁻ em μg.l⁻¹ e Componente particulada em μg.l⁻¹ com excepção da variável Fe (mg.l⁻¹); C = Amostras do rio Caima; M = Amostras do rio Mau; V = Amostras do rio Vouga; MP = Amostras do rio Caima na Mina do Palhal; MCM = Amostras do afluente do Caima na Mina Coval da Mó; MP = Amostras do rio Mau na Mina do Braçal.

Tabela II.6

Parâmetros físico-químicos e biológicos da água e composição química da componente particulada da água dos rios Caima e afluente (Filvida), do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Outubro de 2001.

Descrição		Físico-químicos														Particulado							Índices	
Local	Data	Temp.	VC	pH	Cond.	MT	OD	OSat.	CQO	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ³⁻	SiO ₂	Ni	Co	Cu	Fe	Cd	Zn	Pb	IBD	IPS
Bacia Hidrográfica do rio Caima																								
SF1	05/10	9.5	n.d	7.7	19	22.74	10.8	97.7	4.5	3.1	1.2	9.9	0.03	1.6	9.6	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	3	l.d	14.9	17.3
C18	05/10	12.4	n.d	7.5	47	53.54	10.9	104.9	3.0	6.0	5.1	13.3	0.02	4.1	18.3	l.d	l.d	l.d	23	11	10	l.d	16.1	15.3
C23	05/10	13.4	n.d	7.0	71	78.66	10.4	102.4	0.0	8.0	6.0	49.2	0.08	2	20.7	l.d	l.d	l.d	83	l.d	4	l.d	11.5	7.4
C39	05/10	13.6	n.d	7.3	75	87.30	10.5	104.2	8.0	2.8	7.3	11.0	0.02	5.9	20.5	l.d	l.d	l.d	68	61	16	13	12.6	7.7
C66	05/10	13.5	n.d	7.3	96	78.68	10.3	101.6	7.5	8.4	7.1	22.3	0.03	8.2	26.7	l.d	l.d	4	91	0.00	6	315	13.5	14.5
MP	05/10	13.1	n.d	7.5	95	90.03	10.6	104.2	8.0	11.0	10.0	5.0	0.03		25.3	l.d	l.d	l.d	59	l.d	l.d	l.d	13.8	15.1
C68	30/10	15.1	n.d	7.3	86	91.36	10.4	106.8	l.d	9.7	6.4	13.3	0.04	11.7	25.0	l.d	l.d	l.d	431	19	l.d	12	16.5	14.6
C74	30/10	15.5	n.d	7.5	84	88.28	10.6	109.7	l.d	8.4	2.2	8.8	0.02	36.7	28.8	l.d	l.d	l.d	l.d	9	8	50	11.5	9.0
MCM	2 6/10	14.7	n.d	5.7	144	154.5	8.4	85.0	98.5	7.2	2.3	11.0	0.03	73.7	36.8	9	l.d	l.d	126	l.d	9	34	17.9	17.1
C79	26/10	13.0	n.d	7.5	135	151.3	9.8	96.0	4.5	9.4	6.4	63.8	0.05	8.2	22.2	l.d	l.d	17	218	3	9	l.d	17.0	16.7
C85	26/10	13.0	n.d	7.0	93	105.3	10.2	100.0	4.7	7.1	4.0	12.1	0.04	13.2	25.0	4	3	14	135	4	10	l.d	17.5	18.1
C93	26/10	13.1	n.d	7.0	74	126.2	10.2	96.4	2.7	9.1	6.2	13.6	0.06	9.4	20.7	l.d	l.d	13	116	19	12	26	10.4	8.7
C99	05/10	13.5	n.d	7.3	93	130.1	7.1	70.4	8.5	3.1	26.5	89.6	0.12	4.7	24.4	l.d	l.d	18	212	1	10	23	12.0	10.3
Bacia Hidrográfica do rio Mau																								
M25	29/10	15.0	n.d	7.0	78.5	70.3	10.2	105.1	0.0	7.3	6.3	12.1	0.02	4.5	24.8	l.d	l.d	l.d	82	5	l.d	25	12.6	15.1
M29	29/10	15.2	n.d	7.2	73.8	69.5	10.3	104.4	2.5	9.4	6.9	14.4	0.02	4.8	24.1	l.d	l.d	2	74	2	8	15	13.2	15.5
MB	29/10	15.1	n.d	7.0	70	74.4	10.2	105.0	0.0	8.0	7.3	35.7	0.02	6.1	29.1	l.d	l.d	l.d	103	5	7	44	13.6	13.8
M66	29/10	15.6	n.d	7.2	75	78.7	10.1	104.0	7.5	10.4	11.3	12.1	0.02	8.8	26.4	l.d	l.d	5	114	l.d	9	16	15.7	13.6
Troço do rio Vouga																								
V5	29/10	15.3	n.d	7.1	60	63.46	10.5	109.0	5.0	7.0	7.0	21.1	0.02	2.0	24.0	l.d	l.d	l.d	69	l.d	9	l.d	15.5	13.8
V7	29/10	15.5	n.d	7.2	60	63.06	10.4	107.0	2.5	7.7	6.0	27.9	0.03	7.2	24.4	l.d	l.d	17	176	3	7	14	14.3	16.5
V14	30/10	15.5	n.d	7.1	82	86.72	9.4	98.0	5.0	7.6	5.6	27.9	0.02	6.9	22.7	l.d	l.d	29	230	5	l.d	l.d	14.2	15.8

Unidades: Temp.= Temperatura em °C; VC = Velocidade de Corrente em cms⁻¹; Cond. 20°C = Condutividade a 20°C μScm⁻¹; MT = Mineralização total em mg l⁻¹; OD = Oxigénio dissolvido em mg l⁻¹; OSat. = Percentagem de saturação de oxigénio; CQO(Cr) = Carência Química de Oxigénio em mg l⁻¹ de oxigénio; Restantes valores em mg l⁻¹, com excepção para o NO₂⁻ em μg l⁻¹ e Componente particulada em μg l⁻¹ com excepção da variável Fe (mg l⁻¹); C = Amostras do rio Caima; M = Amostras do rio Mau; V = Amostras do rio Vouga; MP = Amostras do rio Caima na Mina do Palhal; MCM = Amostras do afluente do Caima na Mina Coval da Mó; MP = Amostras do rio Mau na Mina do Braçal.

Tabela II.7

Parâmetros físico-químicos e biológicos da água e composição química da componente particulada da água dos rios Caima e afluente (Filvida), do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Inverno de 2001/2002.

Descrição		Físico-químicos														Particulado							Índices	
Local	Data	Temp.	VC	pH	Cond.	MT	OD	OSat.	CQO	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ³⁻	SiO ₂	Ni	Co	Cu	Fe	Cd	Zn	Pb	IBD	IPS
Bacia Hidrográfica do rio Caima																								
SF1	21/02	7.9	0.16	7.6	24.5	33.4	11.3	104.3	l.d	2.0	1.0	20.0	0.03	l.d	8.6	19	l.d	l.d	l.d	l.d	124	l.d	19.3	19.9
C18	"	9.9	0.37	7.1	55.0	52.1	11.6	103.0	l.d	6.0	6.0	20.0	0.03	l.d	8.7	l.d	l.d	l.d	88	l.d	16	l.d	19.1	17.4
C23	"	11.2	0.51	7.1	82.0	77.7	11.4	104.5	2.0	8.0	8.0	42.5	0.05	3.0	9.0	l.d	l.d	l.d	150	l.d	9	l.d	14.1	9.4
C39	"	11.7	0.88	7.3	85.7	81.2	11.6	107.5	7.0	8.0	6.0	43.6	0.03	3.0	9.1	l.d	l.d	l.d	296	l.d	11	15	16.6	11.0
C66	"	11.1	0.30	7.4	95.7	90.6	11.1	100.7	4.0	9.0	7.0	23.4	0.03	4.0	9.3	l.d	4	l.d	l.d	l.d	7	l.d	15.7	15.3
MP	"	11.4	0.18	7.4	96.0	91.0	11.3	103.2	7.0	9.0	6.0	24.5	0.03	4.0	10.2	l.d	l.d	l.d	98	l.d	8	l.d	16.6	13.1
C68	22/02	8.6	0.46	7.3	112.0	106.0	11.8	101.0	5.7	9.0	6.0	21.1	0.03	5.0	10.1	l.d	l.d	l.d	248	7	12	l.d	17.6	18.0
C74	"	10.1	0.36	7.4	105.0	99.5	11.3	99.8	12.7	9.0	6.0	58.2	0.07	4.0	11.8	l.d	l.d	8	344	l.d	15	l.d	14.7	9.4
MCM	"	11.6	0.09	6.5	147.0	139.0	9.5	88.5	9.7	6.0	l.d	16.6	0.02	36.0	9.1	l.d	l.d	l.d	1347	l.d	36	51	n.d	n.d
C79	"	10.6	0.16	7.4	151.0	143.0	11.1	99.5	5.3	11.0	2.0	18.9	0.03	26.0	14.8	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	196	19	17.2	16.9
C85	"	11.5	0.58	7.5	103.0	97.6	11.2	102.8	8.3	9.0	6.0	22.3	0.02	8.0	11.3	l.d	l.d	l.d	149	5	35	l.d	17.9	15.7
C93	"	11.0	0.29	7.5	99.7	94.5	11.3	101.5	8.0	9.0	7.0	50.3	0.07	5.0	11.8	l.d	l.d	l.d	174	l.d	18	13	16.6	10.2
C99	25/02	9.9	0.14	5.9	108.0	102.3	12.1	107.0	21.0	6.0	1.0	53.7	0.13	4.0	10.6	l.d	l.d	12	85	l.d	l.d	l.d	15.0	9.5
Bacia Hidrográfica do rio Mau																								
M25	26/02	11.5	0.39	7.2	75.0	71.0	12.0	111.6	9.0	8.0	5.0	21.1	0.02	2.0	10.9	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	4	l.d	14.6	16.4
M29	"	11.3	0.54	7.2	75.6	71.6	11.8	110.0	9.8	8.0	6.9	22.3	0.02	3.0	10.6	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	5	l.d	16.0	15.8
MB	"	11.1	0.31	7.2	81.0	76.8	11.9	109.0	2.7	7.0	7.0	22.3	0.02	3.0	10.8	l.d	l.d	l.d	37	l.d	41	l.d	16.6	11.0
M66	25/02	9.3	0.86	7.8	92.0	87.0	12.2	107.0	7.5	8.0	7.0	33.5	0.02	5.0	11.1	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d		
Troço do rio Vouga																								
V5	26/02	11.0	0.25	7.3	68.5	64.9	12.3	109.4	3.0	8.0	5.0	31.5	0.02	3.0	10.35	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	6	l.d	17.8	15.7
V7	25/02	10.3	0.32	7.0	71.0	67.3	12.4	110.0	4.0	6.0	4.0	29.0	0.03	3.0	10.41	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	17.9	15.6
V14	"	10.4	0.27	7.0	104.0	98.6	11.9	105.7	11.5	8.0	5.0	67.2	0.06	5.0	10.61	l.d	3	37	l.d	l.d	12	13	14.3	9.5

Unidades: Temp.= Temperatura em °C; VC = Velocidade de Corrente em cms⁻¹; Cond. 20°C = Condutividade a 20°C μScm⁻¹; MT = Mineralização total em mg l⁻¹; OD = Oxigénio dissolvido em mg l⁻¹; OSat. = Percentagem de saturação de oxigénio; CQO(Cr) = Carência Química de Oxigénio em mg l⁻¹ de oxigénio; Restantes valores em mg l⁻¹, com excepção para o NO₂⁻ em μg l⁻¹ e Componente particulada em μg l⁻¹ com excepção da variável Fe (mg l⁻¹); C = Amostras do rio Caima; M = Amostras do rio Mau; V = Amostras do rio Vouga; MP = Amostras do rio Caima na Mina do Palhal; MCM = Amostras do afluente do Caima na Mina Coval da Mô; MP = Amostras do rio Mau na Mina do Braçal.

Tabela II.8

Parâmetros físico-químicos e biológicos da água e composição química da componente particulada da água dos rios Caima e afluente (Filvida), do rio Mau e troço do rio Vouga. Campanha de Primavera de 2002.

Descrição		Físico-químicos														Particulado								Índices	
Local	Data	Temp.	VC	pH	Cond.	MT	OD	OSat.	CQO	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	SO ₄ ³⁻	SiO ₂	Ni	Co	Cu	Fe	Cd	Zn	Pb	IBD	IPS	
Bacia Hidrográfica do rio Caima																									
SF1	23/05	10.2	0.16	6.15	18	31.4	10.0	100.2	12.3	3.0	l.d	24	0.03	1.0	12.4	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	13	l.d	18.2	19.9	
C18	23/05	14.1	0.28	6.45	43	67.5	10.7	100.8	8.5	6.0	4	29	0.06	16.0	15.3	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	12	l.d	17.6	18.0	
C23	23/05	14.6	0.28	6.7	76	81.8	9.7	98.8	12.8	9.0	5	85	0.06	4.0	16.4	l.d	l.d	l.d	126	l.d	14	l.d	15.5	14.9	
C39	23/05	15.0	0.50	6.5	75	79.8	10.1	102.4	l.d	9.0	5	81	0.03	3.0	10.4	l.d	l.d	1	304	l.d	16	l.d	13.2	9.6	
C66	23/05	13.1	1.30	6.9	85	94.2	10.3	99.6	l.d	10	6	52	0.02	5.0	15.3	l.d	l.d	l.d	129	l.d	9	l.d	16.7	15.1	
MP	23/05	13.6	0.91	7.1	86	94.9	10.5	102	9	10	4	45	0.02	5.0	11.9	l.d	l.d	2	112	l.d	19	l.d	16.5	16.0	
C68	23/05	14.2	0.48	7.1	90	97.7	10.5	102.2	l.d	10	5	54	0.03	6.0	11.5	l.d	l.d	13	363	l.d	13	l.d	17.4	17.1	
C74	23/05	15.5	0.33	7.1	112	117.7	10.0	101.8	10	11	5	180	0.24	4.0	11.7	3	l.d	2	196	l.d	12	l.d	10.2	12.6	
MCM	15/05	14.4	-	6.1	212	157.24	9.1	93	9.3	7	l.d	26	0.02	5.0	17.2	l.d	l.d	l.d	4020	l.d	191	59	n.d	n.d	
C79	15/05	15.8	0.04	6.8	155	161.7	9.2	94	10.3	12	1	19	0.03	30.0	12.8	l.d	l.d	1	l.d	l.d	10	l.d	16.9	17.8	
C85	15/05	15.9	0.37	6.7	90	93.7	10.2	100.3	13.7	8	4	26	0.02	16.0	11.8	l.d	l.d	l.d	l.d	l.d	11	4	11.4	13.9	
C93	15/05	18.3	0.60	6.7	101	99.5	9.6	102	16.7	10	6	149	0.10	6.0	12.1	l.d	l.d	2	213	l.d	14	5	15.6	15.5	
C99	15/05	18.7	0.20	6.9	105	102.4	9.4	100.6	16.8	10	5	138	0.07	5.0	12.2	l.d	l.d	16	479	l.d	28	10	13.6	14.8	
Bacia Hidrográfica do rio Mau																									
M25	16/05	13.8	0.58	6.5	64	70.2	10.4	101.8	5.2	8	5	28	0.02	3.0	13.6	l.d	l.d	l.d	223	l.d	16	l.d	13.6	19.3	
M29	16/05	13.7	0.60	6.2	61	67.1	10.5	102.8	l.d	8	6	21	0.02	3.0	13.4	l.d	l.d	l.d	151	l.d	21	l.d	14.0	17.0	
MB	16/05	13.7	0.50	6.3	63	69.3	10.5	102.8	l.d	7	5	27	0.02	3.0	13.4	l.d	l.d	l.d	369	l.d	36	23	17.0	17.6	
M66	16/05	15.0	0.92	6.4	69	73.4	10.2	101.6	4.5	7	5	64	0.05	4.0	13.7	l.d	l.d	2	801	l.d	32	44	17.8	13.5	
Troço do rio Vouga																									
V5	16/05	18.9	0.26	6.5	56	54.4	9.9	107	65.8	7	3	32	0.02	3.0	13.2	l.d	l.d	2	200	l.d	13	l.d	18.7	17.1	
V7	23/05	17.0	0.82	7.0	52	52.7	10.1	107	l.d	7	3	25	0.03	3.0	13.4	l.d	l.d	5	193	l.d	14	5	18.4	16.0	
V14	16/05	17.8	0.75	7.1	75	74.6	9.9	102.7	l.d	9	5	51	0.04	4.0	13.6	2	l.d	3	311	l.d	18	l.d	15.1	15.1	

Unidades: Temp.= Temperatura em °C; VC = Velocidade de Corrente em cms⁻¹; Cond. 20°C = Condutividade a 20°C μScm⁻¹; MT = Mineralização total em mg l⁻¹; OD = Oxigénio dissolvido em mg l⁻¹; OSat. = Percentagem de saturação de oxigénio; CQO(Cr) = Carência Química de Oxigénio em mg l⁻¹ de oxigénio; Restantes valores em mg l⁻¹, com excepção para o NO₂⁻ em μg l⁻¹ e Componente particulada em μg l⁻¹ com excepção da variável Fe (mg l⁻¹); C = Amostras do rio Caima; M = Amostras do rio Mau; V = Amostras do rio Vouga; MP = Amostras do rio Caima na Mina do Palhal; MCM = Amostras do afluente do Caima na Mina Coval da Mô; MP = Amostras do rio Mau na Mina do Braçal.

Tabela II.9

Valores máximos recomendáveis (VMR) e valores máximos admissíveis (VMA) para águas destinadas à rega, piscicultura e ao consumo humano.

Parâmetros	Unidades	Consumo Humano ¹		Águas piscícolas				Águas Balneares		Águas de Rega	
				Salmonídeos		Ciprinídeos					
		VMR ²	VMA ³	VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA	VMR	VMA
pH		6.5-8.5	9.5		6-9		6-9		6-9	6.5-8.4	4.5-9.0
Temperatura	°C	22	25		21.5		28				
Condutividade	μS cm ⁻¹ a 20°C	1000	-							1000	
CQOcr	mg l ⁻¹	30	-								
Oxigênio dissolvido	% saturação d e O ₂	30-70	-					80-120			
Cloretos	mg l ⁻¹ Cl	200	-							70	
Nitratos	mg l ⁻¹ NO ₃	25	-							50	
Sulfatos	mg l ⁻¹ SO ₄	150	250							575	
Nitritos	μg l ⁻¹ NO ₂	-	100	0.01		0.03					
Sódio	mg l ⁻¹ Na	20	150								
Potássio	mg l ⁻¹ K	10	12								
Bicarbonato	mg l ⁻¹ HCO ₃ ⁻										
Cálcio	mg l ⁻¹ Ca	100	-								
Magnésio	mg l ⁻¹ Mg	30	50								
Alumínio	mg l ⁻¹ Al									5.0	20
Arsênio	mg l ⁻¹ As	0.01	0.10					-	-	0.10	10
Manganés	mg l ⁻¹ Mn									0.20	10
Ferro	mg l ⁻¹ Fe	0.1	0.3							5.0	
Cádmio	mg l ⁻¹ Cd	0.001	0.005					-	-	0.01	0.05
Cobre	mg l ⁻¹ Cu	0.02-1.00	0.05							0.20	5.0
Crômio	mg l ⁻¹ Cr	-	0.05	0.4		0.04		-	-	0.10	20
Níquel	mg l ⁻¹ Ni	-	-							0.5	2.0
Zinco	mg l ⁻¹ Zn	0.5-1.0	3.0-5.0		0.3		1.0			2.0	10.0
Chumbo	mg l ⁻¹ Pb	-	0.05					-	-	5.0	20

1 -A expressão dos resultados considera os três tipos de tratamentos, A1, A2 e A3; 2 - Valor máximo recomendado; 3 - Valor máximo admissível

Fonte: Decreto-Lei nº 236/98, que revoga o Decreto-Lei nº 74/90 de 7 de Março. Diário da República, 1998.

Tabela II.10

Classificação da qualidade da água, de acordo com o Instituto da Água - (INAG, 2001).

Parâmetro	Classe ⁽¹⁾	A (sem poluição)	B (frac. poluído)	C (poluído)	D (muito poluído)	E (extr. poluído)
pH	-	6,5 – 8,5	-	6,0 – 9,0	5,5 – 9,5	5,0 – 10
CE ⁽²⁾	μS/cm, 20 °C	≤ 750	751 – 1000	1001 – 1500	1501 – 3000	> 3000
CQO ⁽³⁾	mg l ⁻¹ O ₂	≤ 10,0	10,1 – 20,0	20,1 – 40,0	40,1 – 80,0	> 80,0
Sat O ₂	(%)	≥ 90,0	89 – 70	69 – 50	49 – 30	< 30
Nitratos	mg l ⁻¹ NO ₃	≤ 5,0	5,0 - 25,0	25,1 – 50,0	50,1 - 80,0	> 80,0
Nitritos	mg l ⁻¹ NO ₂	≤ 0,01	0,011-0,020	0,021 – 0,15	0,16-0,3	> 0,3
Sulfatos	mg l ⁻¹ SO ₄	≤ 0,02	0,021 – 0,05	0,051 – 0,200	0,0201 – 1,0	> 1,0
Arsénio	mg l ⁻¹ As	≤ 0,010	0,011 – 1,050	-	0,051 – 0,100	> 0,100
Manganês	mg l ⁻¹ Mn	≤ 0,10	0,11 – 0,25	0,26 – 0,50	0,51 – 1,00	>1,00
Ferro	mg l ⁻¹ Fe	≤ 0,50	0,51 – 1,00	1,10 – 1,50	1,50 – 2,00	>2,00
Cádmio	mg l ⁻¹ Cd	≤ 1,00	-	1,10 – 5,00	-	>5,00
Cobre	mg l ⁻¹ Cu	≤ 0,02	0,021 – 0,05	0,05 – 0,20	0,0201 – 1,000	>1,00
Crómio	mg l ⁻¹ Cr	≤ 0,01	-	0,01 – 0,05	-	>0,05
Zinco	mg l ⁻¹ Zn	≤ 0,30	0,31 – 1,00	1,01 – 3,00	3,01 – 5,00	>5,00
Chumbo	mg l ⁻¹ Pb	≤ 0,05	-	0,05 – 0,10	-	>0,10

1 - Classes de água: A – Aptas a todo o tipo de utilização; B – Ligeiramente inferior, mas satisfaz potencialmente todas as utilizações; C – Aceitável, suficiente para irrigação, usos industrial, para recreio sem contacto, vida piscícola menos exigente e para consumo humano após tratamento; D – Qualidade medíocre. Aptas apenas para irrigação, arrefecimento e navegação; E – Totalmente inadequadas para a maioria dos usos e podem ser uma ameaça a saúde pública e ambiental; 2 – Condutividade Eléctrica; 3 – Matéria Orgânica

ANEXO III

Grupos de taxa seleccionados de diferentes estações de amostragem e classificados de acordo com o grau de probabilidade de preferência por águas de excelente qualidade a águas extremamente poluída [PRYGIEL & COSTE, 2000]. Todas as estampas apresentam micrografias obtidas por microscópio electrónico (JEOL JSM 5400 e JEOL JSM-6301F Scanning Microscope).

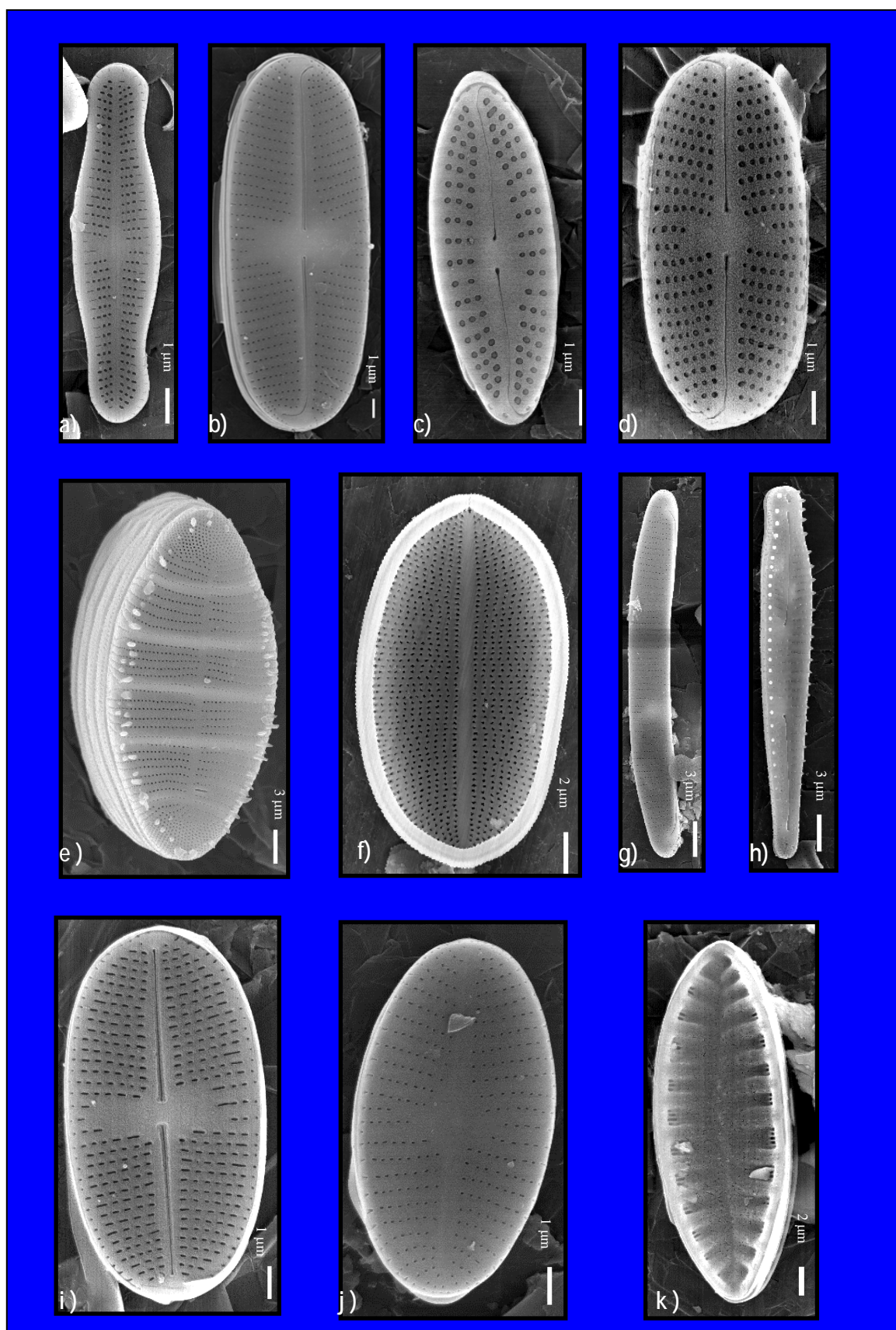
Estampa III.1

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade excelente.

a) ADMI – *Achnantidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki; b) AOBG - *Achnanthes oblongella* Oestrup; c) ASHU – *Achnanthes subhudsonis* Hustedt; d) EOMI – *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bertalot; e) DMES – *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing; f) CPLA – *Cocconeis placentula* Ehrenberg var. *placentula*; g) EBIL – *Eunotia bilunaris* Ehrenberg

Mills; h) PFIB – *Peronia fibula* (Breb. Ex Kütz.) Ross; i, j) PSAT – *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukgt. Et Round; k) SRBA – *Surirella roba* Leclercq

Estampa III.1

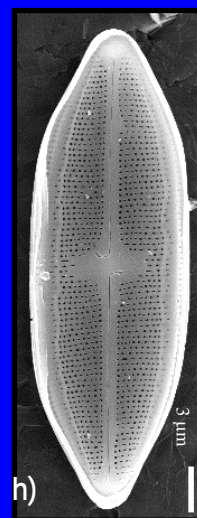
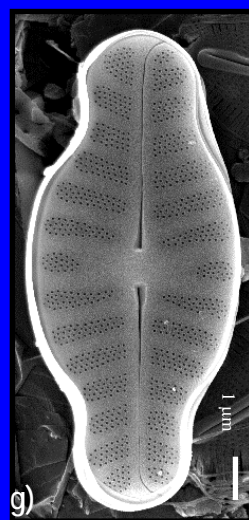
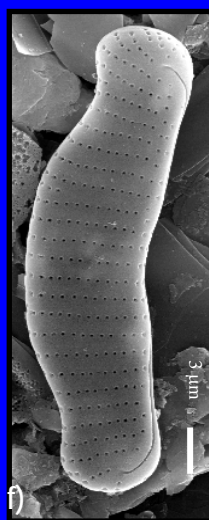
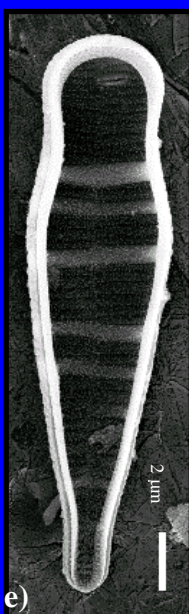
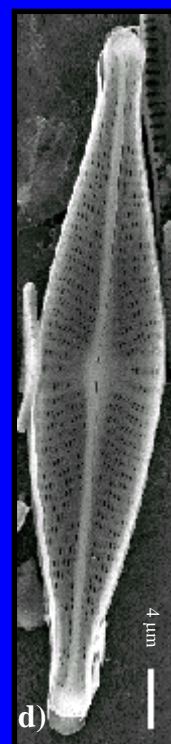
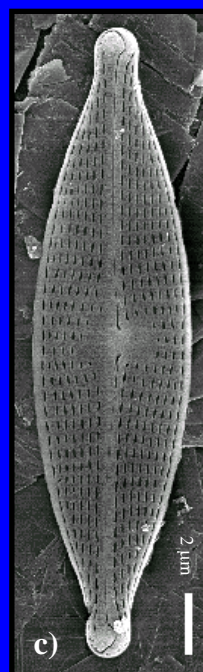
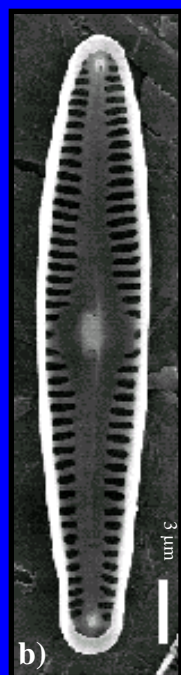
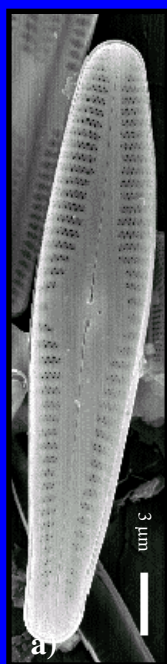


Estampa III.2

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade excelente.

a), b) GRHO – *Gomphonema rhombicum* Fricke; c) NCRY – *Navicula gregaria* Donkin; d) NRHY – *Navicula rhynchocephala* Kutzing; e) MCCO – *Meridion circulare* (Greville) Agardh var. *constricta* (Ralfs) Van Heurck; f) EEXI – *Eunotia exigua* (Breb.) Rebenhorst; g) ACDA – *Achnanthesiopsis daui* (Foged) Lange-Bertalot; h) NEAM *Neidium ampliatus* (Ehrenberg) Krammer

Estampa III.2

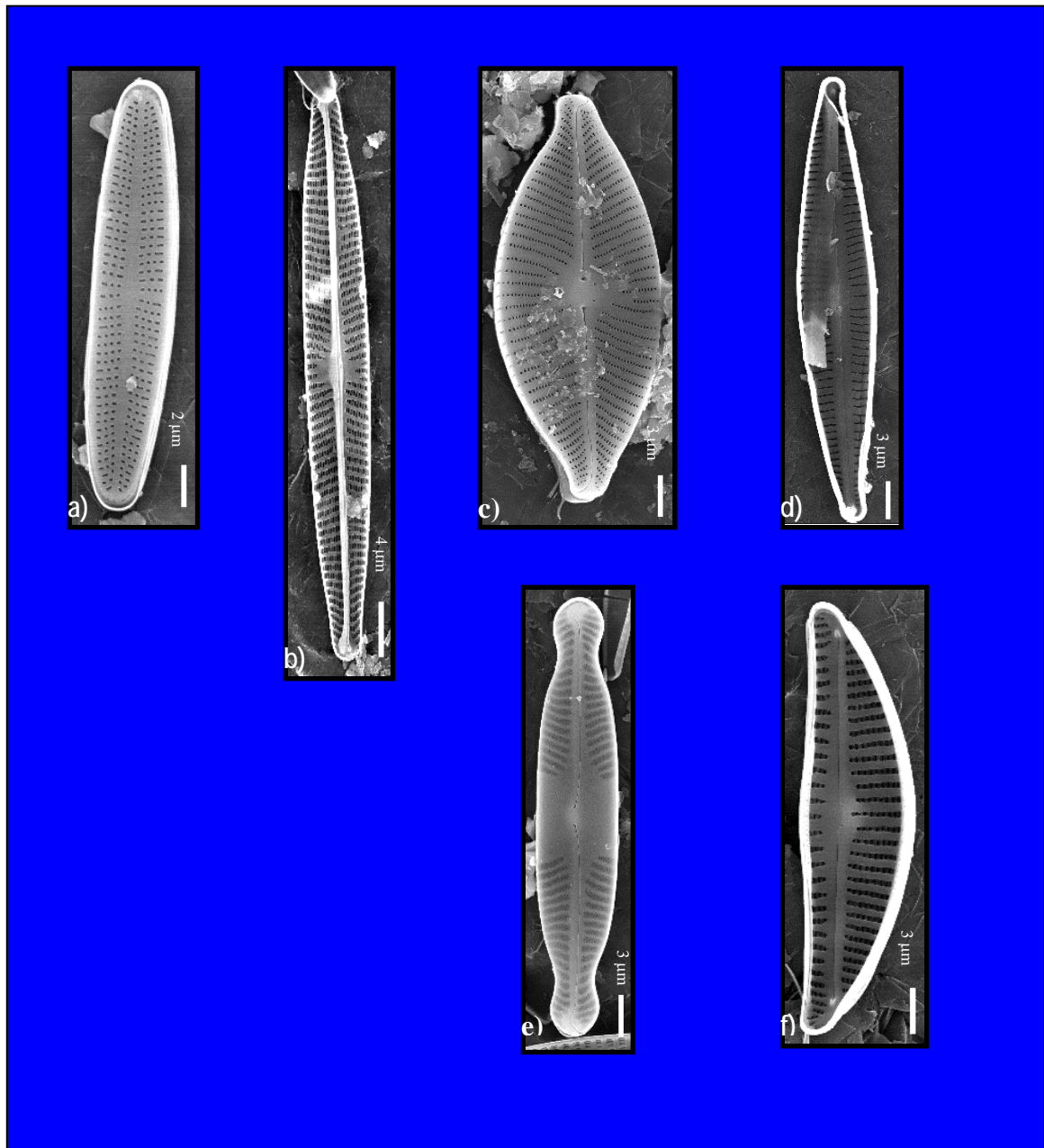


Estampa III.3

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade excelente.

a) ACAF – *Achnanthes affine* (Grun) Czamecki; b) NAAN – *Navicula angusta* Grunow; c) PCLT – *Placoneis clementis* (Grun.) Cox; d) EAQL – *Encyonopsis aequalis* (W.Smith) Krammer; e) PSCA – *Pinnularia subcapitata* Gregory var. *subcapitata*; f) ENGR – *Encyonema gracile* Rabenhorst.

Estampa III.3

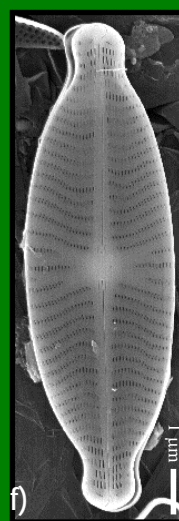
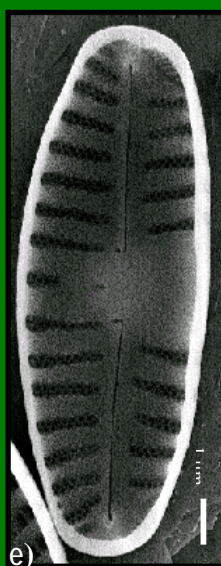
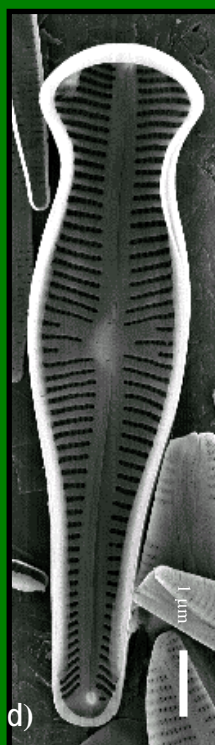
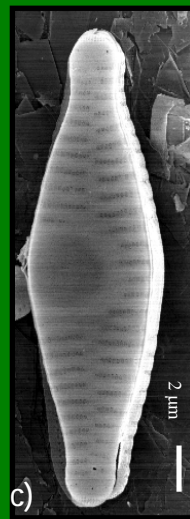
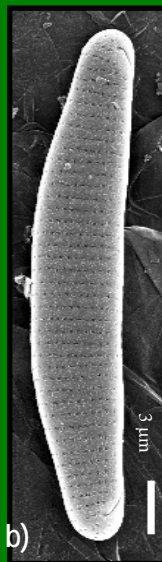
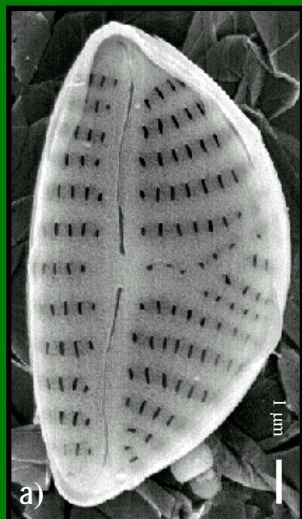


Estampa III.4

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade boa.

a) ENMI - *Encyonema minutum* (Hilse in Rabh.) D.G. Mann; b) EMIN - *Eunotia minor* (Kützing) Grunow in Van Heurck; c) FCVA - *Fragilaria capucina* Desmazières var. *vaucheriae* (Kützing) Lange-Bertalot; d) GTRU - *Gomphonema truncatum* Ehr.; e) *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer; f) GDEC - *Gelssleria decussis* (Ostrup) Lange-Bertalot & Metzeltin;

Estampa III.4

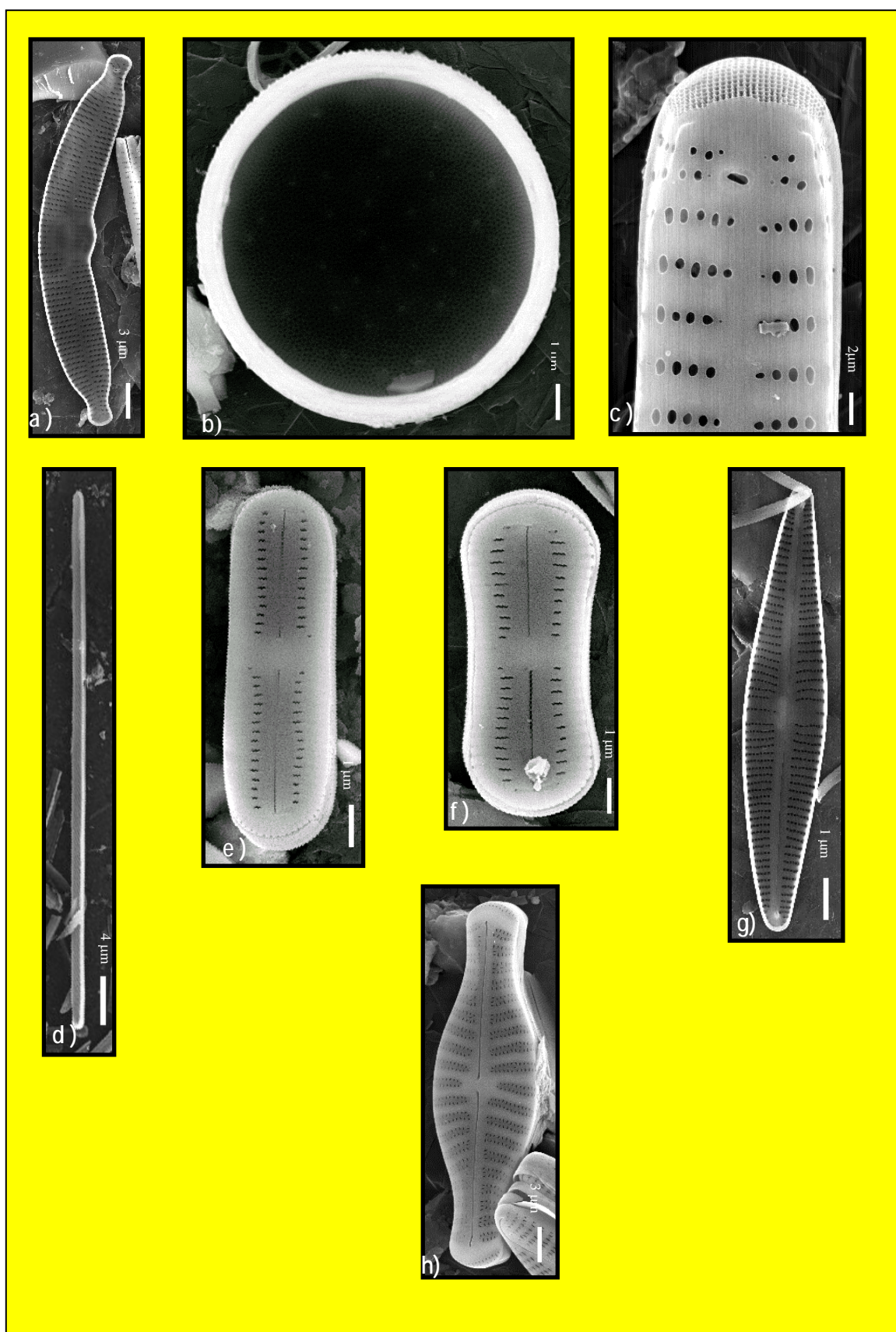


Estampa III.5

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade média.

a) HARC – *Hannaea arcus* (Ehr.) Patrick; b) MVAR – *Melosira varians* Agardh; c, d) FBCP – *Fragilaria biceps* (Kützing) Lange-Bertalot; e, f) DCOT – *Diadesmis contenta* Grun. (Grun. In V.H.) Hamilton; g) GGRA – *Gonphonema gracile* Ehrenberg; h) HCAP – *Hippodonta capitata* (Ehr.) Lang-Bert. Metzeltin & Witkowski;

Estampa III.5

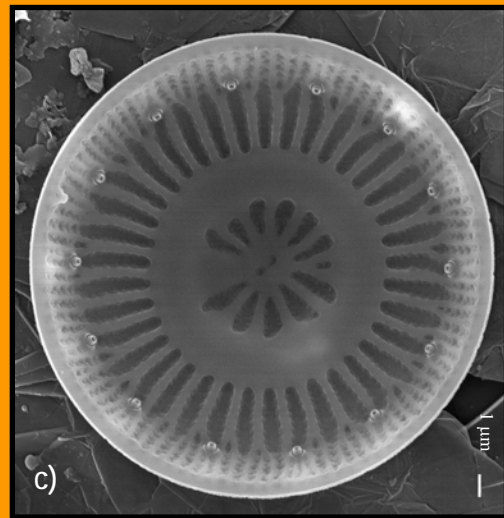
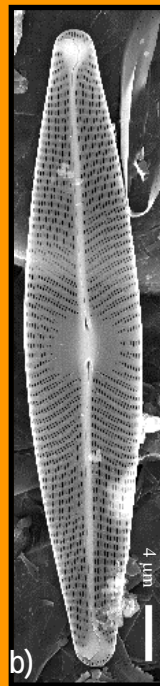
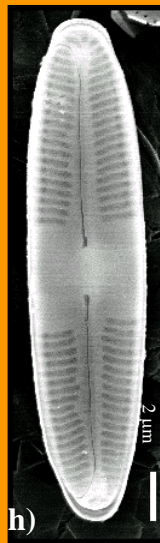


Estampa III.6

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade medíocre.

a) PMIC – *Pinnularia microstauron* (Ehr.) Cleve; b) NLAN – *Navicula lanceolata* C. Agardh Ehrenberg; c) h) CPST - *Cyclotella pseudostelligera* Hustedt;

Estampa III.6

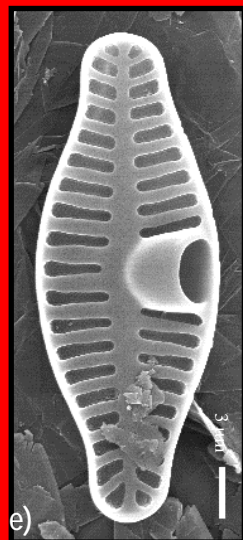
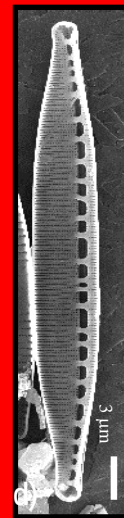
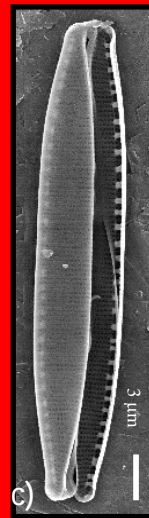
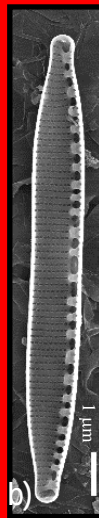
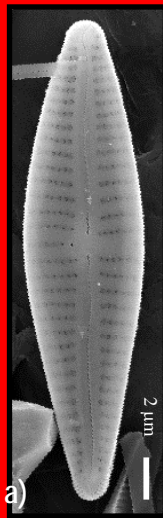


Estampa III.7

Microfotografias de taxa que apresentam preferência por águas de qualidade má.

a) GPAR – *Gomphonema parvulum* Kützing var. *parvulum* f. *parvulum*; b) NIPM - *Nitzschia perminuta* (Grunow) M. Peragallo; c) NPAL – *Nitzschia palea* Kützing Lange-Bertalot; d) *Nitzschia* sp.; e) PLFR – *Planothidium frequentissimum* (Lange-Bertalot) Round & Bukhityarova

Estampa III.7



ANEXO IV



Tabela IV.1

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de cinco espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina do Palhal (MP) e na Zona da Serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	La	V	Ca	P	Fe
		mg kg ⁻¹																		%		
MPf1	<i>Quercus robur</i> L.	1	54	5	22	0.25	8	1	271	2.5	5	2	1	8	0.2	2.5	2.5	2	13	0.51	0.103	0.33
MPc17		1	9	6	23	0.25	7	1	102	6	5	2	1	7	0.5	2.5	2.5	1	4	0.48	0.071	0.005
MPi10		2	9	2.5	9	0.25	7	1	107	2.5	5	2	1	3	0.4	2.5	2.5	1	5	0.27	0.078	0.005
MPs6		7	205	250	165	3.3	34	25	2954	11255,0	5	6	8	30	4	2.5	120	16	28	0.79	0.149	9.46
SFf117		1	8	2.5	34	0.25	9	1	404	2.5	5	2	1	29	0.2	2.5	2.5	1	3	0.73	0.205	0.02
SFc108		1	11	2.5	58	0.25	1	1	279	2.5	5	2	1	49	0.2	2.5	2.5	1	4	0.75	0.091	0.005
SFi121		1	11	2.5	16	0.25	1	1	160	2.5	5	2	1	29	0.2	2.5	2.5	2	2	0.64	0.062	0.005
SFs105		1	28	30	64	0.25	17	4	176	34	5	2	11	43	0.2	2.5	2.5	38	90	0.08	0.063	3.17
MPf2	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i>	2	18	6	44	0.25	8	2	79	6	5	2	1	54	0.2	2.5	2.5	2	5	1.61	0.063	0.06
MPc11		2	29	32	80	0.5	11	4	53	2.5	5	2	1	41	0.6	2.5	2.5	3	5	0.74	0.032	0.01
MPr23		1	16	81	24	0.25	7	2	33	2.5	5	2	1	6	0.6	2.5	2.5	1	2	0.11	0.035	0.01
MPs5		5	492	390	359	2.2	145	48	267	613	5	2	9	31	1	2.5	2.5	16	85	0.19	0.039	4.04
SFf113		1	9	2.5	29	0.25	11	1	149	2.5	5	2	1	125	0.8	2.5	2.5	1	4	1.05	0.071	0.01
SFc107		1	5	2.5	35	0.25	5	1	88	2.5	5	2	1	57	0.5	2.5	2.5	1	1	0.39	0.028	0.01
SFs102		1	19	73	76	0.25	26	9	121	11	5	2	7	35	0.5	2.5	2.5	23	103	0.05	0.04	3.25
MPi9	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1	9	2.5	36	0.5	7	1	95	2.5	5	2	1	8	0.9	2.5	2.5	1	3	0.41	0.17	0.01
MPf6		1	6	7	46	0.25	5	1	287	5	5	2	1	14	0.2	2.5	2.5	1	2	1.04	0.091	0.01
MPc14		1	3	19	77	0.25	2	1	61	2.5	5	2	1	19	1.2	2.5	2.5	1	5	0.74	0.051	0.01
MPr22		1	5	2.5	16	0.25	7	1	22	16	5	2	1	8	0.5	2.5	2.5	1	4	0.3	0.032	0.01
MPs3		8	150	173	125	2.4	24	15	1049	4625	5	4	7	21	2.8	2.5	51	16	27	0.53	0.111	4.98
SFf116		1	7	2.5	37	0.25	1	1	389	2.5	5	2	2	18	0.2	2.5	2.5	1	1	0.66	0.176	0.01
SFc111		1	12	2.5	45	0.25	2	1	206	2.5	5	2	1	28	0.2	2.5	2.5	1	2	0.53	0.144	0.01
SFs100		1	6	46	58	0.25	4	1	62	7	5	2	5	40	0.2	2.5	2.5	9	13	0.12	0.069	0.81

Tabela IV.1 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de seis espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escombreyras da mina do Palhal (MP) e na Zona da Serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Cr	Ba	W	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹									%				
MPf1	<i>Quercus robur</i> L.	9	25	2	3	5	1	1	0.5	1	0.16	0.03	0.55	0.02	0.71
MPc17		3	4	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.04	0.01	0.01	0.01	0.42
MPi10		3	5	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.07	0.005	0.005	0.005	0.74
MPs6		48	244	>200	27	28	8	44	2	4	0.08	0.15	1.44	0.08	0.4
SFf117		1	27	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.14	0.005	0.06	0.03	0.9
SFc108		1	42	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.005	0.03	0.01	0.43
SFi121		2	30	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.11	0.005	0.02	0.01	0.34
SFs105		69	441	2	98	3	5	9	2	9	0.47	0.42	7.09	0.73	2.5
MPf2	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i>	3	58	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0.13	0.01	0.15	0.37	3.51
MPc11		3	83	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.02	0.03	0.07	0.91
MPr23		2	26	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.01	0.01	0.04	0.02	0.29
MPs5		77	470	5	33	9	7	8	1	13	0.81	0.4	8.15	0.32	1.72
SFf113		2	71	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.36	0.005	0.05	0.63	2.54
SFc107		2	66	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.1	0.005	0.03	0.07	0.51
SFs102		77	518	2	81	2	6	8	2	10	0.42	0.37	7.25	0.26	1.89
MPi9	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	3	5	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0.31	0.005	0.01	0.01	0.88
MPf6		2	8	4	1	1	1	1	0.5	0.5	0.37	0.005	0.07	0.02	0.83
MPc14		1	13	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.16	0.005	0.02	0.03	0.8
MPr22		3	4	4	2	1	1	1	0.5	0.5	0.04	0.01	0.03	0.01	0.16
MPs3		31	114	>200	16	17	7	16	1	3	0.09	0.14	1.44	0.1	0.43
SFf116		1	16	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0.32	0.005	0.02	0.01	0.8
SFc111		3	31	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.18	0.005	0.01	0.02	0.58
SFs100		11	225	2	50	7	2	5	6	2	0.15	0.13	7.09	2.17	3.8

Tabela IV.1 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de cinco espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina do Palhal (MP) e na Zona da Serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Au	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	La	V	Ca	P	Fe
		mg kg ⁻¹																		%		
MPf3	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	1	7	2.5	50	0.25	5	1	70	55	5	2	1	2	0.8	2.5	2.5	1	5	0.22	0.058	0.01
MPc15		1	11	2.5	44	1.1	2	1	37	215	5	2	1	1	1.9	2.5	2.5	1	5	0.28	0.041	0.04
MPr19		1	30	15	85	7.1	10	5	21	1216	5	2	1	2	2	2.5	2.5	1	3	0.18	0.042	0.75
MPs2		15	195	755	567	8.9	59	69	206	6870	5	25	12	38	1.7	2.5	70	18	66	0.1	0.155	8.53
SFf115		1	4	2.5	38	0.25	2	1	55	2.5	5	2	1	3	0.2	2.5	2.5	2	1	0.21	0.093	0.01
SFc110		2	6	2.5	27	0.25	1	1	29	2.5	5	2	1	7	0.4	2.5	2.5	1	1	0.17	0.034	0.01
SFs101		1	10	75	48	0.25	8	1	43	19	5	2	3	33	0.4	2.5	2.5	12	18	0.09	0.084	0.94
MPf4	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	2	60	2.5	96	0.25	1	1	454	24	5	2	1	22	0.6	2.5	2.5	1	2	1.28	0.098	0.07
MPc13		1	10	2.5	132	0.25	5	1	334	10	5	2	1	16	1.5	2.5	2.5	1	4	0.6	0.046	0.01
MPr21		1	20	10	99	0.5	8	2	102	105	5	2	1	8	1.5	2.5	2.5	1	4	0.32	0.038	0.07
MPs1		3	160	191	184	2.3	32	21	1008	7490	5	6	5	22	4	2.5	66	15	32	0.49	0.141	5.99
SFf114		3	8	2.5	93	0.25	1	1	85	2.5	5	2	1	42	0.2	2.5	2.5	3	3	1.74	0.386	0.01
SFc109		1	10	2.5	29	0.25	1	1	20	2.5	5	2	1	17	0.2	2.5	2.5	1	1	0.37	0.139	0.005
SFs99		1	20	39	109	0.25	9	2	241	72	5	2	8	71	0.2	2.5	2.5	12	29	1.1	0.365	1.94
MPi8	<i>Holcus lanatus</i> L.	6	18	5	23	0.6	5	1	168	42	5	2	1	3	0.2	2.5	2.5	1	4	0.12	0.139	0.02
MPf7		2	5	18	73	0.25	1	1	196	35	5	2	1	6	0.7	2.5	2.5	2	4	0.32	0.107	0.01
MPc16		2	2	2.5	29	0.25	5	1	254	20	5	2	1	4	0.9	2.5	2.5	1	3	0.14	0.05	0.01
MPr18		2	66	10	74	0.7	8	16	43	193	5	2	1	9	1	2.5	2.5	1	6	0.23	0.045	0.14
MPs6		7	205	250	165	3.3	34	25	2954	11255	5	6	8	30	4	2.5	120	16	28	0.79	0.149	9.46
SFf118		2	9	2.5	120	0.25	1	1	77	2.5	5	2	1	9	0.2	2.5	2.5	1	1	0.39	0.498	0.01
SFr120		2	10	2.5	154	0.25	4	1	52	5	5	2	1	6	0.2	2.5	2.5	1	1	0.16	0.143	0.03
SFs103		1	7	43	104	0.25	5	6	96	19	5	2	7	34	0.6	2.5	2.5	8	13	0.17	0.107	1.17

Tabela IV.1 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de cinco espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escombreyras da mina do Palhal (MP) e na Zona da Serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Cr	Ba	W	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹									%				
MPf3	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	2	4	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.03	0.005	0.04	0.14	0.64
MPc15		3	11	6	3	1	1	1	0.5	0.5	0.03	0.005	0.03	0.09	0.37
MPr19		6	25	48	2	1	1	1	0.5	0.5	0.03	0.01	0.15	0.14	0.38
MPs2		100	635	>200	57	45	8	30	3	8	0.49	0.25	5.9	0.26	1.55
SFf115		2	0.5	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.005	0.06	0.15	0.37
SFc110		3	6	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.01	0.05	0.05	0.16
SFs101		15	171	2	62	8	3	7	5	3	0.15	0.14	6.12	1.56	2.66
MPf4	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	3	16	2	1	6	1	1	0.5	0.5	0.16	0.005	0.13	0.41	1.54
MPc13		2	14	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.01	0.02	0.06	0.32
MPr21		2	8	13	1	1	1	1	0.5	0.5	0.04	0.01	0.01	0.04	0.17
MPs1		36	110	>200	20	13	7	16	1	3	0.1	0.13	1.6	0.09	0.45
SFf114		1	8	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.17	0.005	0.07	0.05	3.03
SFc109		1	2	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.07	0.005	0.02	0.03	0.85
SFs99		26	170	2	59	12	4	7	9	3	0.19	0.17	7.05	1.22	2.16
MPi8	<i>Holcus lanatus</i> L.	24	10	2	4	2	1	1	0.5	0.5	0.05	0.005	0.03	0.03	0.96
MPf7		3	15	2	2	1	1	1	0.5	0.5	0.1	0.01	0.06	0.09	1.53
MPc16		3	9	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.02	0.01	0.02	0.05	1.18
MPr18		3	15	17	1	4	1	1	0.5	0.5	0.03	0.02	0.06	0.01	0.16
MPs6		48	244	>200	27	28	8	44	2	4	0.08	0.15	1.44	0.08	0.4
SFf118		2	19	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.15	0.005	0.07	0.09	3.61
SFr120		7	10	2	1	1	1	1	0.5	0.5	0.03	0.005	0.21	0.02	0.64
SFs103		13	131	2	109	19	2	8	13	2	0.16	0.15	10.2	0.94	3.35

Tabela IV.2

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de seis espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina Coval da Mó (MCM) e na Zona da serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	La	Ca	Fe	P
		mg kg ⁻¹																	%		
MCMf1	<i>Quercus robur</i> L.	1	15	6	50	0.25	4	1	66	2.5	5	1	7	0.2	2.5	2.5	6	1	0.55	0.09	0.122
MCMc13		1	7	15	37	0.25	7	1	35	2.5	5	1	13	0.5	2.5	2.5	2	1	0.59	0.01	0.069
MCMs8		1	82	3882	514	2.4	29	11	532	35	5	8	47	1.4	2.5	2.5	145	16	0.08	5.76	0.086
SFf117		1	8	2.5	34	0.25	9	1	404	2.5	5	1	29	0.2	2.5	2.5	3	1	0.73	0.02	0.205
SFc108		1	11	2.5	58	0.25	1	1	279	2.5	5	1	49	0.2	2.5	2.5	4	1	0.75	0.005	0.091
SFi121		1	11	2.5	16	0.25	1	1	160	2.5	5	1	29	0.2	2.5	2.5	2	2	0.64	0.005	0.062
SFs105		1	28	30	64	0.25	17	4	176	34	5	11	43	0.2	2.5	2.5	90	38	0.08	3.17	0.063
MCMf5	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i>	1	28	25	433	0.5	14	1	70	2.5	5	1	10	1.3	2.5	2.5	4	1	0.65	0.03	0.116
MCMc14		1	8	38	195	0.25	8	1	31	2.5	5	1	6	2.3	2.5	2.5	2	2	0.15	0.01	0.025
MCMr17		1	9	264	835	0.25	14	2	45	2.5	5	1	10	7.4	2.5	2.5	1	1	0.31	0.005	0.054
MCMs7		1	97	4906	913	3.1	36	17	920	54	5	7	53	4.5	5	2.5	137	18	0.11	5.17	0.091
SFf113		1	9	2.5	29	0.25	11	1	149	2.5	5	1	125	0.8	2.5	2.5	4	1	1.05	0.01	0.071
SFc107		1	5	2.5	35	0.25	5	1	88	2.5	5	1	57	0.5	2.5	2.5	1	1	0.39	0.01	0.028
SFs102		1	19	73	76	0.25	26	9	121	11	5	7	35	0.5	2.5	2.5	103	23	0.05	3.25	0.04
MCMf3	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1	4	38	37	0.25	5	1	176	2.5	5	1	3	0.2	2.5	2.5	4	1	0.3	0.03	0.049
MCMc15		1	7	127	394	0.5	4	1	90	2.5	5	1	10	3.3	2.5	2.5	4	2	0.23	0.02	0.084
MCMr18		1	26	2096	1293	0.7	22	5	132	2.5	5	1	6	9.7	2.5	2.5	6	1	0.15	0.14	0.068
MCMs7		1	97	4906	913	3.1	36	17	920	54	5	7	53	4.5	5	2.5	137	18	0.11	5.17	0.091
SFf116		1	7	2.5	37	0.25	1	1	389	2.5	5	2	18	0.2	2.5	2.5	1	1	0.66	0.01	0.176
SFc111		1	12	2.5	45	0.25	2	1	206	2.5	5	1	28	0.2	2.5	2.5	2	1	0.53	0.01	0.144
SFs100		1	6	46	58	0.25	4	1	62	7	5	5	40	0.2	2.5	2.5	13	9	0.12	0.81	0.069

Tabela IV.2 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de seis espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina Coval da Mó (MCM) e na Zona da serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Cr	Ba	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹								%				
MCMf1	<i>Quercus robur</i> L.	5	9	3	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.02	0.14	0.02	0.78
MCMc13		1	6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.04	0.02	0.02	0.005	0.44
MCMs8		100	440	124	5	5	2	3	13	0.96	0.17	6.82	0.28	3
SFf117		1	27	1	1	1	1	0.5	0.5	0.14	0.005	0.06	0.03	0.9
SFc108		1	42	1	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.005	0.03	0.01	0.43
SFi121		2	30	1	1	1	1	0.5	0.5	0.11	0.005	0.02	0.01	0.34
SFs105		69	441	98	3	5	9	2	9	0.47	0.42	7.09	0.73	2.5
MCMf5	<i>Lithodora prostrata</i> (Loisel.) Griseb. subsp. <i>prostrata</i>	1	12	2	1	1	1	0.5	0.5	0.41	0.01	0.03	0.92	3.18
MCMc14		2	10	2	1	1	1	0.5	0.5	0.07	0.005	0.03	0.14	0.39
MCMr17		1	19	1	1	1	1	0.5	0.5	0.11	0.005	0.03	0.06	0.33
MCMs7		96	430	121	5	5	3	3	13	1.06	0.18	6.82	0.22	2.96
SFf113		2	71	1	1	1	1	0.5	0.5	0.36	0.005	0.05	0.63	2.54
SFc107		2	66	1	1	1	1	0.5	0.5	0.1	0.005	0.03	0.07	0.51
SFs102		77	518	81	2	6	8	2	10	0.42	0.37	7.25	0.26	1.89
MCMf3	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	1	20	2	1	1	1	0.5	0.5	0.2	0.01	0.05	0.01	0.8
MCMc15		3	12	1	1	1	1	0.5	0.5	0.21	0.005	0.01	0.04	0.59
MCMr18		4	19	4	3	1	1	0.5	0.5	0.17	0.005	0.2	0.04	0.39
MCMs7		96	430	121	5	5	3	3	13	1.06	0.18	6.82	0.22	2.96
SFf116		1	16	2	1	1	1	0.5	0.5	0.32	0.005	0.02	0.01	0.8
SFc111		3	31	1	1	1	1	0.5	0.5	0.18	0.005	0.01	0.02	0.58
SFs100		11	225	50	7	2	5	6	2	0.15	0.13	7.09	2.17	3.8

Tabela IV.2 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de seis espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina Coval da Mó (MCM) e na Zona da serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Mo	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	As	U	Th	Sr	Cd	Sb	Bi	V	La	Ca	P	Fe
		mg kg ⁻¹																	%		
MCMf6	<i>Holcus lanatus</i> L.	5	5	43	217	0.25	10	1	90	2.5	5	1	9	6.9	2.5	2.5	5	1	0.29	0.115	0.03
MCMc10		2	6	38	307	0.25	8	1	40	2.5	5	1	2	7.4	2.5	2.5	5	1	0.07	0.098	0.01
MCMr20		2	21	527	798	0.6	16	6	81	2.5	5	1	5	24	2.5	2.5	4	2	0.14	0.102	0.13
MCMi8		3	13	30	142	0.25	12	1	97	7	5	1	5	4	2.5	2.5	3	1	0.18	0.192	0.02
MCMs9		1	89	5388	2119	4.5	69	25	782	102	5	8	58	14.7	9	2.5	140	26	0.16	0.079	5.5
SFf118		2	9	2.5	120	0.25	1	1	77	2.5	5	1	9	0.2	2.5	2.5	1	1	0.39	0.498	0.01
SFr120		2	10	2.5	154	0.25	4	1	52	5	5	1	6	0.2	2.5	2.5	1	1	0.16	0.143	0.03
SFs103		1	7	43	104	0.25	5	6	96	19	5	7	34	0.6	2.5	2.5	13	8	0.17	0.107	1.17
MCMf2	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	1	3	2.5	233	0.25	8	1	99	2.5	5	1	1	3.2	2.5	2.5	7	1	0.19	0.063	0.02
MCMc12		1	5	6	117	0.25	7	1	23	2.5	5	1	2	4.7	2.5	2.5	3	2	0.14	0.025	0.005
MCMs8		1	82	3882	514	2.4	29	11	532	35	5	8	47	1.4	2.5	2.5	145	16	0.08	0.086	5.76
SFf115		1	4	2.5	38	0.25	2	1	55	2.5	5	1	3	0.2	2.5	2.5	1	2	0.21	0.093	0.01
SFc110		2	6	2.5	27	0.25	1	1	29	2.5	5	1	7	0.4	2.5	2.5	1	1	0.17	0.034	0.01
SFs101		1	10	75	48	0.25	8	1	43	19	5	3	33	0.4	2.5	2.5	18	12	0.09	0.084	0.94

Tabela IV.2 (Continuação)

Teores totais de elementos químicos presentes na inflorescência (i), folha (f), colmo (c) e raízes (r) de seis espécies de plantas e nos solos subjacentes, estabelecidas nas escomboreiras da mina Coval da Mó (MCM) e na Zona da serra da Freita (área testemunho).

Amostra	Espécie	Cr	Ba	Zr	Sn	Y	Nb	Be	Sc	Mg	Ti	Al	Na	K
		mg kg ⁻¹								%				
MCMf6	<i>Holcus lanatus</i> L.	5	17	1	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.005	0.06	0.08	1.01
MCMc10		3	6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.01	0.01	0.12	1.79
MCMr20		4	16	3	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.02	0.27	0.06	0.67
MCMi8		3	12	2	1	1	1	0.5	0.5	0.11	0.01	0.04	0.04	0.55
MCMs9		99	453	127	5	7	4	3	15	1.28	0.21	7.66	0.26	2.99
SFf118		2	19	1	1	1	1	0.5	0.5	0.15	0.005	0.07	0.09	3.61
SFr120		7	10	1	1	1	1	0.5	0.5	0.03	0.005	0.21	0.02	0.64
SFs103		13	131	109	19	2	8	13	2	0.16	0.15	10.2	0.94	3.35
MCMf2	<i>Pinus pinaster</i> Aiton	2	3	1	1	1	1	0.5	0.5	0.1	0.01	0.04	0.03	0.61
MCMc12		3	1	1	1	1	1	0.5	0.5	0.04	0.02	0.03	0.01	0.29
MCMs8		100	440	124	5	5	2	3	13	0.96	0.17	6.82	0.28	3
SFf115		2	0.5	1	1	1	1	0.5	0.5	0.12	0.005	0.06	0.15	0.37
SFc110		3	6	1	1	1	1	0.5	0.5	0.06	0.01	0.05	0.05	0.16
SFs101		15	171	62	8	3	7	5	0.5	0.15	0.14	6.12	1.56	2.66

ANEXO V

Abundância relativa (%) de diatomáceas observadas no Verão (V), Outono (O), Inverno (I) e Primavera (P), com indicação da população total, número de taxa e Índice de diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind⁻¹).

Tabela V.1 – Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação SF1.

Sigla	Taxon	SF1			
		V	O	I	P
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		51.78	x	x
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	3.56	x		x
ABZE	<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Breb.) Grunow var. <i>zellensis</i> (Grunow) Krammer	x			
CSBM	<i>Craticula submolesta</i> (Hust.) Lange-Bertalot		1.31		
CAEQ	<i>Cymbella aequalis</i> W.M.Smith		x		
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot		x		
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>	29.26	11.26	36.65	28.9
EBMU	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>mucophila</i> Lange-Bertalot Norpel & All	3.05			
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenorst	1.53	2.25	x	x
EINC	<i>Eunotia incisa</i> Gregory var. <i>incisa</i>		x		
EUIN	<i>Eunotia intermedia</i> (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot	3.56	x		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	2.29	x	x	x
ESUD	<i>Eunotia sudetica</i> O. Muller	1.02			
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x			
FINT	<i>Fragilaria intermedia</i> Grunow			x	
FVIR	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs		x		
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg				x
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.53	x		
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x	1.36	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	x		
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	x			
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	1.02			
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>linearis</i>	x	x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	9.41	3.94		
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	1.02	5.82		
PFIB	<i>Peronia fibula</i> (Breb. ex Kutz.) Ross		1.88	2.49	3.47
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	1.02			x
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer				x
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>		1.69		x
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			x	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova				x
PBIO	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round		1.88		x
PHEL	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x			
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova. & Round	8.65		11.09	3.66
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann		x		
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	x			
SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith				x
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq		11.63	46.38	60.31
População total		400	533	442	519
Número de taxa		28	25	20	37
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.2	2.6	1.8	1.6

Tabela V.2 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C18.

Sigla	Taxon	C18			
		V	O	I	P
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		4.18	x	x
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	53.92	26.81	20.16	5.97
AUDI	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen				x
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	x	x	1.25	1.35
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	1.72	x		
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing		x		
DGPE	<i>Diademsis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot				x
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			17.89	3.08
DOBL	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler		x		
ENGR	<i>Encyonema gracile</i> Rabenhorst	1.47			
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann				1.16
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer			x	x
EAQL	<i>Encyonopsis aequalis</i> (W.Smith) Krammer	x			
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	1.72	3.74	1.93	3.85
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>	x		1.36	2.5
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst			x	
EETE	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst var. <i>tenella</i> (Grunow) Nörpel & Alles	x			
EUIN	<i>Eunotia intermedia</i> (Krasske ex Hustedt) Nörpel & Lange-Bertalot			x	
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck		2.2		1.35
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x			
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			7.36	12.14
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	11.21	7.13	
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	x			
FLEP	<i>Fragilaria leptostauron</i> (Ehrenberg) Hustedt var. <i>leptostauron</i>	x			
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>	x	x		
FUOX	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bert. var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1.23			
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni		x		
GANT	<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	x	3.96		
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	7.84	3.52	7.7	1.16
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	x	1.1	12.57	44.12
GTRU	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg		2.86		
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	1.96		x	
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>			x	x
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	2.7	1.1	x	x
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt	x			
NAMA	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt var. <i>maior</i> Lange-Bertalot		x		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	1.23	3.96	2.15	3.08
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot				x
NGRA	<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg	x			
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		1.1		x
NHMS	<i>Navicula heimansii</i> Van Dam & Kooyman	x			
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	x	5.93	x	
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	x	1.1		

Sigla		C18			
	Taxon	V	O	I	P
NTEN	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	x			
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	3.68		x	x
NEAM	<i>Neidium ampliatus</i> (Ehrenberg) Krammer		x		
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst		1.76		x
NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow	x			
NCPL	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A. Schmidt & al.		x		
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	x			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	x	1.98	5.55	x
NIGR	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch				x
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	2.7	6.15	3.06	3.28
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			x	1.35
PBRN	<i>Pinnularia brauniana</i> (Grunow) Mills		x		
PBRE	<i>Pinnularia brebissonii</i> (Kützing) Rabenhorst		x		
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	1.72			
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer				x
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>	x		3.06	x
PVIR	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	x			
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	x	x	
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova				x
PHEL	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x		x	
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		1.54	3.51	2.31
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky		x		
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann			x	
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round	1.96		x	
SHTS	<i>Stephanodiscus hantzschii</i> fo. <i>tenuis</i> (Hustedt) Hakansson & Stoermer	x			
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	5.39	9.89	x	3.28
População total		408	455	883	519
Número de taxa		51	38	40	36
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.1	3.9	3.6	3.3

Tabela V.3 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C23

Siglas	Taxa	C23			
		V	O	I	P
ACON	<i>Achnanthes conspicua</i> A. Mayer	x			
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		1.17	2.04	x
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt		x		
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki		1.64	8.55	11.68
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg				x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing		x		
DGPE	<i>Diademes gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot		x		
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			x	x
ENGR	<i>Encyonema gracile</i> Rabenhorst	x			
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann			x	37.23
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer			x	
EVIN	<i>Encyonema vulgare</i> Krammer var. <i>intermedia</i> (Manguin) Kramer		x		
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann	x			1.64
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	29.16	57.94	64.36	15.51
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>			x	x
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck			x	x
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot				x
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>		2.34		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			2.04	2.92
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x	x	4.2
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	x			
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>			x	5.11
FUOX	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) L-Bert. var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) Lange-Bertalot				
FRHO	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni	x			
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni		x	x	x
GANT	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst		x		
GMIC	<i>Gomphonema micropus</i> Kützing			x	
GOLI	<i>Gomphonema olivaceum</i> (Hornemann) Brébisson		x		
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	14.22	5.37	10.59	1.09
GTRU	<i>Gomphonema truncatum</i> Ehrenberg		x		x
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				x
HABU	<i>Hantzschia abundans</i> Lange-Bertalot		x		
HAMP	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880				x
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski				x
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) L.-Bert. var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		x		
MAAT	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x		
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh				x
MCCO	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck			1.09	
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>				x
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	x			
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt			x	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	11.33	7.48	1.02	
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot				4.2
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		x		x

Siglas		C23			
	Taxa	V	O	I	P
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		2.34		
NMMU	<i>Navicula minuscula</i> Grunow var. <i>muralis</i> (Grunow) Lange-Bertalot		x	x	
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	x		x	1.82
NSAL	<i>Navicula salinarum</i> Grunow in Cleve & Grunow		x		
NTRV	<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot	2.65			
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	x	x		x
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> Kützing Cleve				x
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst				x
NCPL	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A. Schmidt & al.	x			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow		x		x
NMIC	<i>Nitzschia microcephala</i> Grunow in Cleve & Moller	x			
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	33.25	12.85	2.04	5.11
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			x	x
PGIB	<i>Pinnularia gibba</i> Ehrenberg	x			
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x		
PRUP	<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch in Rabenhorst 1861	x			
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer			1.22	x
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>	2.65		x	
PCLT	<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox				x
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			x	1.09
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		x		x
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		x	x	x
SCON	<i>Sataurosira construens</i> Ehrenberg	x			
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	x			
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann				x
SBRA	<i>Stauroneis branderii</i> Hustedt	x			
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round			x	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq		x		
População total		415	428	491	484
Número de taxa		46	34	40	49
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.6	2.5	2.2	3.3

Tabela V.4 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C39.

Siglas	Taxa	C39			
		V	O	I	P
AHUN	<i>Achnanthes hungarica</i> Grunow in Cleve & Grun.		x		
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		1.53	4.34	x
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	9.5	5.85	13.32	17.21
ADMF	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.			x	
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		X	x	
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	x	x	x	x
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			x	
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	1.03	2.04	1.05	3.8
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			2.84	x
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	34.94	69.97	50.9	30.25
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	x		x	
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x			
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x	1.02	1.65	
FCGR	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>gracilis</i> (Oestrup) Hustedt	x			
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			3.14	x
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot				9.96
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>	x			2.36
FUAC	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot			x	
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1.03		x	x
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		x		
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.45	3.56	6.74	19.93
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh			x	
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh			x	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	7.23	2.04	1.65	2.54
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg		1.02	x	
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		x	x	
NRCH	<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	x			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing				x
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1.24	x		
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	31.82	x		
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1.65		x	
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	5.37		2.99	7.79
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo				1.45
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer	x		1.95	x
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>subcapitata</i>	x		x	
PCLT	<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox				x
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	2.04	2.69	
PTHA	<i>Planothidium hauckianum</i> (Grun.) Round & Bukhtiyarova			x	
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova			x	
PBIO	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round	x	x		
PHEL	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x			
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x	x	x	x
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer			1.35	
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky				x
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann			x	x
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round			x	

Siglas		C39			
	Taxa	V	O	I	P
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing			x	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq			x	x
População total		484	400	668	552
Número de taxa		53	39	44	44
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.7	1.9	2.8	2.9

Tabela V.5 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C66.

Siglas	Taxa	C66			
		V	O	I	P
ARST	<i>Achnantheiopsis rostrata</i> (Oestrup) Lange-Bertalot		x		
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	4.62	16.19	x	3.26
ASHA	<i>Achnanthes sphacelata</i> Carter	1.08			
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	3.46	20.89		
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		2.61	1.26	
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	5.77	13.05	21.66	12.48
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	1.85	2.09	x	2.5
CPPL	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>pseudolineata</i> Geitler				x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing				x
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
DMES	<i>Diatom mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			x	
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann		x	16.79	16.89
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann	x		1.44	3.26
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	63.51	15.93	20.58	16.7
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>				x
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	x			
ESUD	<i>Eunotia sudetica</i> O. Muller			x	
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x			x
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x	x		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			8.84	4.41
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	x	1.08	2.88
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>ulna</i>	x	x		2.11
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni				x
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		x		
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.62	1.83	5.23	x
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke		x		
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				x
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot Metzeltin & Witkowski				x
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		1.04	x	
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh				x
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	x			
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		x		7.1
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot			2.71	
NGRA	<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg	c			
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	x	x	x	2.5
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg			x	x
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	x	1.04	x	
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	x		2.35	
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880				x
NMLF	<i>Navicula molestiformis</i> Hustedt	x			
NPEC	<i>Navicula persica</i> Rabenhorst				x
NPAP	<i>Navicula placentula</i> (Ehrenberg) Kützing var. <i>apiculata</i> Hustedt			4.51	
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		x		1.15
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1.85	x		
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow				x
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	x	x		

Siglas		C66			
	Taxa	V	O	I	P
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützinger) W. Smith	3.23	5.74		2.88
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			x	x
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x		
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	2.08		x	1.15
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer				1.54
PTDE	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützinger) Round & Bukhtiyarova	x	x		
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	2.31	x	4.87	3.07
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	x	10.97	2.17	x
PBIO	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round	1.39			
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round			x	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer		x		
SCON	<i>Sataurosira construens</i> Ehrenberg	x			
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x	x		
População total		433	383	554	521
Número de taxa		38	31	42	55
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.5	3.4	3.4	4.1

Tabela V.6 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação MP.

Siglas	Taxa	MP			
		V	O	I	P
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.	x		x	
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	2.88	11.98	2.88	1.31
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	6.86	20.51	6.86	8.8
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	29.87	8.76	29.87	12.55
AMII	<i>Achnanthidium minutissimum</i> Kützing var. <i>inconspicua</i> Oestrup	x		x	
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	3.1	23.96	3.1	7.49
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		x
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x		x
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing		x		
DMES	<i>Diatom mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			x	1.50
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	x	1.15	x	10.67
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann				2.06
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	38.72	9.68	38.72	14.98
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>				x
ERHO	<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt	x		x	
EVEN	<i>Eunotia veneris</i> (Kützing) De Toni	x		x	
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x	x	x	
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot				7.3
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot				2.43
FGRA	<i>Fragilaria gracilis</i> Oestrup	x		x	
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	x	x	x	1.12
GDEC	<i>Geissleria decussis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot & Metzeltin				x
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		x		
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	x	2.53	x	x
GPXS	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing var. <i>exilissimum</i> Grunow		x		
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke			x	
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				x
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski				x
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		2.25
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	x		x	
NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		x		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	x	x	4.87
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	x			1.31
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin				1.31
NJOU	<i>Navicula joubaudii</i> Germain		x		
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		1.61		x
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann				1.12
NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kützing	x			x
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	x	x		1.12
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	x		x	
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1.99	x	1.99	x
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst				x
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	x	x	x	
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	2.88	4.38	2.88	
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x	x	x	x

Siglas		MP			
	Taxa	V	O	I	P
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	1.55		1.55	3.00
PSHU	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer var. <i>hustedtii</i> Krammer	x		x	
PCLT	<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox				x
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) round & Bukhtiyarova	x		x	1.69
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	3.1		3.1	x
STHE	<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund				x
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x	x	x	x
População total		452	434	452	534
Número de taxa		44	31	48	52
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.8	3.4	2.8	4.1

Tabela V.7 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C68.

Siglas	Taxa	C68			
		V	O	I	P
ABIA	<i>Achananthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.	1.05			x
ARST	<i>Achnantheiopsis rostrata</i> (Oestrup) Lange-Bertalot		x		
ADEL	<i>Achnanthes delicatula</i> (Kützing) Grun. ssp. <i>delicatula</i> Grunow in Cl. & Grun	x			
AEXI	<i>Achnanthes exillis</i> Kützing				x
AHEL	<i>Achnanthes helvetica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		x		
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	2.30	2.61	3.89	1.34
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	2.09	4.51	1.43	4.59
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova	x	4.51		
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	15.06	33.97	67.62	43.79
AMMA	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kützing var. <i>macrocephala</i> Hustedt			x	x
AMJA	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kützing var. <i>jackii</i> (Rabenhorst) Lange-Bertalot			1.02	x
AUDI	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen		x		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	x	1.19	x	x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		x
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve				x
DGPE	<i>Diadesmis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot		x		
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing		x		
DOBL	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	x	x	x	x
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann			3.69	4.40
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			x	1.53
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	58.79	23.99	6.56	8.99
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst	x			
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	x	x		x
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x			
FCCP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capitellata</i> (Grunow) Lange-Bertalot	x			
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			2.05	4.02
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x		x	2.68
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot				x
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni			x	x
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.09	x	x	1.53
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke		x		
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski			x	
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann		x		x
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh				1.91
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>	x			
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow		x		x
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt		x		
NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		x		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	1.88	4.99	x	
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot			x	2.49
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		x	x	1.15
NIMP	<i>Navicula imperfecta</i> Cleve		1.66		
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg				x
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		1.19	x	
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	x			
NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kützing		x		

Siglas		C68			
	Taxa	V	O	I	P
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing				1.15
NSBM	<i>Navicula subminuscula</i> Manguin	x			
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1.26			x
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst				x
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	x			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow				x
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	x			
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	5.65	3.80	1.43	1.53
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			x	
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x			x
PPDG	<i>Pinnularia pseudogibba</i> Krammer		x		
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	1.88		x	x
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer		x	x	
PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer		1.66		
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	1.05		x	1.53
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		1.19		x
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round				x
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer			x	
RABB	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot		x		
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky		x		
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round		x		
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing				x
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x	5.23	2.46	9.37
TVEN	<i>Tabellaria ventricosa</i> Kützing		x		
População total		478	421	488	523
Número de taxa		36	42	44	51
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.4	3.4	2.2	3.4

Tabela V.8 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C74.

Siglas	Taxa	C74			
		V	O	I	P
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.	x			
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	x	x	3.35	x
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	x	1.74	2.35	12.6
ADSA	<i>Achnanthidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		x		
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarniecki	8.73	5.42	4.69	
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg				x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing	x			
CNAV	<i>Cymbella naviculiformis</i> Auerswald				x
DOBL	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler		x		
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann	x		1.01	17.64
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			1.34	x
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	53.54	34.04	61.98	13.57
EETE	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst var. <i>tenella</i> (Grunow) Nörpel & Alles		x		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck		x		
ERHO	<i>Eunotia rhomboidea</i> Hustedt				x
FCCP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capitellata</i> (Grunow) Lange-Bertalot				
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>capucina</i>	x	1.74		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			2.01	1.74
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	x	9.21	2.33
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton			x	
FFAS	<i>Fragilaria fasciculata</i> (Agardh) Lange-Bertalot		x		
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	1.65	x		x
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni		x	x	
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	5.42		x	1.16
HAMP	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow in Cleve & Grunow 1880		x		
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski				x
LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D. G. Mann		1.55		x
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann		7.74		23.26
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			x	
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt				x
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	2.59	7.93	1.34	
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		4.26	x	1.74
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	x		x	x
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	2.36	1.16		
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880				x
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	x	x	x	1.16
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	4.01	x		x
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve		x		
NIPU	<i>Nitzschia pusilla</i> (Kützing) Grunow		1.93		
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	x	5.80		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	14.86	8.51	4.52	4.07
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	1.89		2.35	2.33

Siglas		C74			
	Taxa	V	O	I	P
NTER	<i>Nitzschia terrestris</i> (Petersen) Hustedt		5.8		x
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	x			x
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer		1.16	1.01	2.33
PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer	x			x
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			x	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		1.55		
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		1.74		x
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky		x		
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann			1.17	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq		x		
População total		424	517	597	516
Número de taxa		21	42	45	54
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.5	3.7	2.3	3.6

Tabela V.9 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação MCM.

Siglas	Taxa	MCM			
		V	O	I	P
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.		x		
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		x		
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt		x		
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki		78.69		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		1.69		
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing		x		
CHEL	<i>Cymbella helvetica</i> Kützing		x		
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot		1.21		
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst		2.66		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck		x		
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing		10.90		
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		
NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		x		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		x		
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt		x		
PTLA	<i>Planorhynchium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) round & Bukhtiyarova		x		
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round		x		
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq		x		
População total			413.00		
Número de taxa			20.00		
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)			1.3		

Tabela V.10 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C79.

Siglas	Taxa	C79			
		V	O	I	P
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	68.34	69.92	54.50	60.56
ADMF	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.				x
AMJA	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kützing var. <i>jackii</i> (Rabenhorst) Lange-Bertalot	1.60	x		1.08
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		3.64	x	1.72
CBAC	<i>Caloneis bacillum</i> (Grunow) Cleve		1.72		x
DCOT	<i>Diademsis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) D. G. Mann			1.40	
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann		x		
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	1.00	3.64	4.04	x
EBMU	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>mucophila</i> (Lange-Bertalot) Norpel & All		x		
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst		x		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	3.81	3.64	3.57	x
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot			x	x
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	2.87	9.16	10.13
FCRU*	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	1.98	13.66	12.06
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot			x	
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	16.43	4.41	6.68	8.60
FCRO*	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton	1.56	x	x	1.07
FUAC	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x		
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg				x
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.60	x	x	x
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh			x	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	2.68		x
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		x		
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880		x	x	
NACD	<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	x			
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	x	x		x
NZLT	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow				x
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	3.81	2.87	1.24	x
PACR	<i>Pinnularia acrosphaeria</i> Rabenhorst	x			
PDIV	<i>Pinnularia divergens</i> W. M. Smith		1.34		
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			1.55	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	x			
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschokowsky	x			
SSMI	<i>Stauroneis smithii</i> Grunow	x			
SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith	x			
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x		x	
População total		499	644	644	464
Número de taxa		29	33	33	23
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		1.7	2.2	2.2	1.8

Tabela V.11 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C85.

Siglas	Taxa	C85			
		V	O	I	P
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	4.84	5.73	2.82	1.14
ASHU	<i>Achnanthes subhuasonis</i> Hustedt		x		
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova	1.41		x	x
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	53.13	61.86	6.10	6.86
ADMF	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.		x		
AMII	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kützing var. <i>inconspicua</i> Oestrup	x	x	1.56	
AMJA	<i>Achnantheidium minutissimum</i> Kützing var. <i>jackii</i> (Rabenhorst) Lange-Bertalot	x	x		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		x		
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing			1.88	x
ENME	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D. G. Mann		x		
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	9.84	x	14.55	1.14
EVUL	<i>Encyonema vulgare</i> Krammer		x		
EAQL	<i>Encyonopsis aequalis</i> (W.Smith) Krammer	x			
ESLE	<i>Encyonopsis silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann	1.41		13.62	12.13
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	8.91	1.58	2.35	x
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	1.56			
EVEN	<i>Eunotia veneris</i> (Kützing) De Toni			x	
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	x	1.56	57.21
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières		2.37		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	3.13		23.63	1.37
FCRU*	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x			
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot			6.26	x
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		x		
GOMI	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>minutissimum</i> Hustedt	x			
GOOL	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>olivaceoides</i> (Hustedt) Lange-Bertalot		x		
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	6.41	x	1.25	x
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke			x	
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	x			
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			9.39	
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		1.98	x	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	1.56	x	x	x
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg			x	
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		x		
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880			x	
NVGE	<i>Navicula viridula</i> var. <i>germainii</i> (Wallace) Lange-Bertalot		x		
NEAM	<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer				x
NAMP	<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow			x	
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	x	x		
NEDT	<i>Nitzschia epithemioides</i> Grunow var. <i>disputata</i> (Carter) Lange-Bertalot	x			
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith		x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	x	x	2.66	x
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo			2.50	
PLFR	<i>Planorhynchium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	x	2.50	x

Siglas		C85			
	Taxa	V	O	I	P
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukgt. & Round	x	x	x	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	2.66	13.83	1.72	x
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann	1.25			
STHE	<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund		x		
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x			
População total		640	506	639	437
Número de taxa		30	47	36	20
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.7	2.3	3.7	2.1

Tabela V.12 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C93.

Siglas	Taxa	C93			
		V	O	I	P
ACDA	<i>Achnantheiopsis dau</i> (Foged) Lange-Bertalot	x			
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.	x			
AHEL	<i>Achnanthes helvetica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot				x
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	x			
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt		3.80	x	6.20
ADSA	<i>Achnanthidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova	x	x		
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	4.54	3.58	3.60	17.65
ADMI*	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki			x	
ADMF	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.	x			
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simonsen		x		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg				x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	1.36	3.80	4.20	33.39
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			7.00	
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	69.16	19.02	59.20	25.12
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	x	x		
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières		x		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1.36		1.20	x
FCRU*	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot	3.40			
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	1.34	1.20	4.45
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	1.13	1.12		x
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.04	3.13	x	x
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick		x		x
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		x		
LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D. G. Mann		6.49		x
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann		5.37		x
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			2.40	
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	6.49	1.20	2.54
NGRA	<i>Navicula gracilis</i> Ehrenberg		10.07		
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin			5.20	1.75
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen				x
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	x			
NMLF	<i>Navicula molestiformis</i> Hustedt	x			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing				x
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	2.27			
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve		x		
NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow		21.92		
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch		2.46		
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> Kützing Grunow	x	x		
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	1.13	x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	4.54	5.59	6.00	2.38
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	2.27		3.40	2.07
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory		x		
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer	x		2.40	
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x		x	
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		x		

Siglas		C93			
	Taxa	V	O	I	P
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x	x	1.40	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	x			
População total		441	447	500	629
Número de taxa		39	27	34	48
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.1	3.6	2.4	2.7

* = Diatomáceas deformadas

Tabela V.13 - Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação C99.

Siglas	Taxa	C99			
		V	O	I	P
ACDA	<i>Achnantheiopsis dau</i> (Foged) Lange-Bertalot		x		
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.		x		
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup			x	
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	2.62	7.56	1.10	26.56
ADSA	<i>Achnanthidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		x		
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	9.26	6.09	4.56	1.56
AMII	<i>Achnanthidium minutissimum</i> Kützing var. <i>inconspicua</i> Oestrup	x			
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simonsen	x			
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	x			x
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		x
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann		x	x	11.38
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			x	
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	34.00	35.71	27.83	19.20
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	x	x	x	
FINS	<i>Fallacia insociabilis</i> (Krasske) D.G. Mann		x		
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x			
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	x			
FCGR	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>gracilis</i> (Oestrup) Hustedt	x			
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			2.04	x
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot			1.26	2.01
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	x	x	x	x
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	1.01	1.05	2.36	x
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.41	2.10	x	x
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				1.12
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski			x	
LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D. G. Mann		2.73		
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann				1.12
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x	x	
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh var. <i>circulare</i>		x	x	
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow		x		
NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		1.05		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	7.04	5.25	3.77	5.80
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot				x
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		7.35	19.65	4.91
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg			x	
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		1.68	0.00	
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann				x
NRCH	<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	x			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		1.47	2.52	1.56
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	1.21			x
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> (Kützing) Cleve		1.05		
NZAL	<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	x			
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	30.99	5.67	3.14	8.48
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	1.61		2.67	x

Siglas	Taxa	C99			
		V	O	I	P
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith		x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützinger) W. Smith	5.23	8.61	15.57	6.70
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo		3.78	1.73	
NTER	<i>Nitzschia terrestris</i> (Petersen) Hustedt		1.47		
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		x		x
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	x		3.93	x
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer	x			1.34
PSGI	<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer		x		
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x		x	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		x		
PBIO	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round	x			
PHEL	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x			
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	x	x	2.83	x
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützinger) Mereschkowsky			x	x
SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith		x		
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq				x
População total		497	476	636	448
Número de taxa		25	47	33	39
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.8	3.6	3.4	3.5

Tabela V.14 – Bacia hidrográfica do rio Caima: Estação M25.

Siglas	Taxa	M25			
		V	O	I	P
ADEL	<i>Achnanthes delicatula</i> (Kütz.) Grun. ssp. <i>delicatula</i> Grunow in Cl. & Grun	x			
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	11.01	3.62	21.71	x
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt		1.07		
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	5.85	1.49	17.93	x
ALIB	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	x			
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	35.36	70.58	30.88	25.44
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		2.77		
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing		x		
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
CCUS	<i>Cymbella cuspidata</i> Kützing	x			
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	x		x	
DOBL	<i>Diploneis oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler				x
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G. Mann	1.17	x	x	
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann				x
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	14.99	1.28		x
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst	x	x		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	4.68	1.28	1.20	
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		1.07		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			1.00	
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x	x	x
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	x	1.71		x
GACC	<i>Geissleria acceptata</i> (Hust.) Lange-Bertalot & Metzeltin			x	
GANT	<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	3.51			
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg			x	
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	x		2.39	x
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	x	1.92	4.58	67.77
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick			x	x
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot			x	
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow		x		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	x	x	x	x
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot				x
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin			x	
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	1.87	x		
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		x	2.79	x
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	x			
NRAD	<i>Navicula radiosa</i> Kützing		x		
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	x			
NDPU	<i>Nitzschia disputata</i> Carter	x			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	3.04		x	
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt	2.34	2.35		
NZLT	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow		x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	2.81	x	1.59	
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	x	1.28		
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	x		x	
NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch.) W.M.Smith	x			

Siglas		M25			
	Taxa	V	O	I	P
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	x		x	
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	x	2.59	
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	x	x	1.39	
PBIO	<i>Psammothidium bioretii</i> (Germain) Bukhtiyarova & Round			x	
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round			x	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	2.66	x	1.79	
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützinger) Mereschkowsky	1.17			
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann	x			
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round		x		
SLIN	<i>Surirella linearis</i> W.M.Smith		x		
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x			
População total		427	469	502	515
Número de taxa		34	39	37	24
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.5	2.2	3.2	1.4

Tabela V.15 – Bacia hidrográfica do rio Mau: Estação M29.

Siglas	Taxa	M29			
		V	O	I	P
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	7.80	40.45	4.40	28.22
AOBG*	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup			x	x
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt			x	
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	3.31	4.72	20.22	4.29
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	49.65	39.33	30.11	31.29
CPLA*	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg			x	
CPPL	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>pseudolineata</i> Geitler				1.23
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	x		1.76	x
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	1.18	x	x	2.86
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D.G.Mann	x		6.59	x
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	3.78		1.76	8.59
ESBM	<i>Eolimna subminuscula</i> (Manguin) Moser, Langer-Bertalot & Metzeltin	x			
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills			x	
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst	x			
EETE	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst var. <i>tenella</i> (Grunow) Nörpel & Alles		x		
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	2.60		1.54	x
ESUD	<i>Eunotia sudetica</i> O. Muller		x		
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x	x	
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			7.69	x
FCRU*	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			x	
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	x	x	
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	x	x	x	x
FSAX	<i>Frustulia saxonica</i> Rabenhorst		x		
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	x		x	
GACC	<i>Geissleria acceptata</i> (Hust.) Lange-Bertalot & Metzeltin			1.10	
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg				x
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	1.18	x	3.30	1.23
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	7.57	x	1.32	10.84
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick			x	
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski				1.23
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh			x	
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	x			
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	1.89	x	3.52	x
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin			x	x
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	2.60	x		x
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann				x
NMMU	<i>Navicula minuscula</i> Grunow var. <i>muralis</i> (Grunow) Lange-Bertalot	x			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		x		
NDSS	<i>Neidium densestriatum</i> (Oestrup) Krammer			x	
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	1.89			
NDPU	<i>Nitzschia disputata</i> Carter	x			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> Kützing Grunow	3.55		2.20	
NSDT	<i>Nitzschia epithemioides</i> Grunow var. <i>disputata</i> (Carter) Lange-Bertalot			x	
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	2.36	x	x	
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt		x		

Siglas		M29			
	Taxa	V	O	I	P
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützinger) W. Smith	2.60	x	2.86	
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	x	x	3.08	
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	x			
PTDE	<i>Planothidium delicatulum</i> (Kützinger) Round & Bukhtiyarova		x		
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	1.12	1.98	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		x	x	2.04
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		x	x	x
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	1.18	x		2.86
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützinger) Mereschkowsky				
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann		1.12	x	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	x	x	x	
População total		423	445	455	489
Número de taxa		32	32	51	33
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.1	2.3	3.6	2.9

Tabela 16 - Bacia hidrográfica do rio Mau: Estação MB.

Siglas	Taxa	MB			
		V	O	I	P
ALAP	<i>Achnanthes lapidosa</i> Krasske			x	x
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	9.41	16.63	5.12	7.45
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt			x	
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	21.23	14.22	18.98	44.32
ADMF	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.			x	
ACOP	<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman & Archibald				x
ANBR	<i>Anomoeoneis brachysira</i> (Brebisson in Rabenhorst) Grunow in Cleve		x		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	1.19	30.85	24.86	8.01
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		x		
CAFF	<i>Cymbella affinis</i> Kützing		x		
DCOT	<i>Diadismis contenta</i> (Grunow ex V. Heurck) D. G. Mann			x	
DGAL	<i>Diadismis gallica</i> W. M. Smith	x			
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	x	1.14		2.05
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	x	1.09	x	x
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			6.64	5.40
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	54.92		8.73	7.82
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>bilunaris</i>			x	
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst	x			
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	1.31	1.75	x	
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		x		2.79
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	x	x		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			6.07	x
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	x	x	x	1.49
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot		x	x	
FUOX	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bert. var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) Lange-Bertalot			x	
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni			x	
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.19	1.53	4.74	4.10
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke		2.84	1.71	8.75
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				x
KCLE	<i>Karayevia clevei</i> (Grun. in Cl. & Grun) Round & Bukhtiyarova	x			
LGOE	<i>Luticola goeppertiana</i> (Bleisch in Rabenhorst) D. G. Mann		x		
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh		x		
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh		x		
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow	x	x		x
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt			x	
NAMA	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt var. <i>maior</i> Lange-Bertalot		x		
NCIN	<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs in Pritchard		x		x
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing		3.72	3.42	x
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot		x	x	x
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	x	x	x	
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	x	x	x	x
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen		x		
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann		x		
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		x		

Siglas		MB			
	Taxa	V	O	I	P
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing	x	x		
NAMH	<i>Nitzschia amphibioides</i> Hustedt		x		
NCPL	<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt in A. Schmidt & al.	x			
NDPU	<i>Nitzschia disputata</i> Carter	1.31	x		
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> Kützing Grunow	x	x	1.33	1.30
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	x	x		
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt		1.97		
NZLT	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow		x		
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	x	6.56	3.61	x
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo		x	x	
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst	x		x	
NSIO	<i>Nitzschia sigmoidea</i> (Nitzsch.) W.M.Smith			x	
PDIV	<i>Pinnularia divergens</i> W.M.Smith		x		
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	x			x
PTFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	x	2.63	3.61	x
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova			x	x
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round			x	x
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	x		2.28	
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann		1.53		x
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round				x
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq		1.75	x	x
População total		457	457	527	537
Número de taxa		26	47	58	36
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.3	3.6	3.7	3.1

Tabela V.17 - Bacia hidrográfica do rio Mau: Estação M66.

Siglas	Taxa	M66			
		V	O	I	P
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	2.63	25.11	5.95	9.56
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt		4.04		X
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	1.67	5.74	4.76	7.28
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>placentula</i>	X	4.26	X	1.25
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	X		3.84	X
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	X	X	X	
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			1.85	9.36
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	83.73	28.94	38.89	40.33
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	X			
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck	1.20	X	X	X
FBCP	<i>Fragilaria biceps</i> (Kützing) Lange-Bertalot		X		1.04
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			2.65	2.08
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton				X
FUAC	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bert. var. <i>acus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	X			
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bertalot		X	X	1.25
GANT	<i>Gomphonema angustatum</i> Kützing Rabenhorst	X			
GGRA	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg		X		X
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.39	1.06	7.28	3.95
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	X	1.70	X	3.53
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick			X	
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann				X
MAAT	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1.20			
MCCO	<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck		X	X	
MCIR	<i>Meridion circulare</i> (Greville) C.A. Agardh				X
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing			1.06	X
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin				X
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> C. (Agardh) Ehrenberg	X		X	X
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow			X	
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing			X	
NSBM	<i>Navicula subminuscula</i> Manguin		X		
NTEN	<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt			X	
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing				X
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch				X
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow	X		X	X
NSDT	<i>Nitzschia epithemioides</i> Grunow var. <i>disputata</i> (Carter) Lange-Bertalot			X	
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	X	X		
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt		X		
NZLT	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow				X
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	1.20	X	5.95	1.46
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	X	X	X	X
OROE	<i>Orthoseira roseana</i> (Rabenhorst) O'Meara		X		
PACR	<i>Pinnularia acrophaeria</i> Rabenhorst			X	
PDIV	<i>Pinnularia divergens</i> W.M.Smith	X			
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory			X	X
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	X	10.85	5.82	

Siglas		M66			
	Taxa	V	O	I	P
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		7.45	11.24	11.23
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova. & Round		2.13	5.69	X
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X	X		
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky		X		
SSEM	<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) D.G.Mann		2.13	X	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	X			X
População total		418	470	756	481
Número de taxa		25	35	46	47
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		1.3	3.2	3.2	3.2

Tabela V.18 – Troço do rio Vouga: Estação V5.

Siglas	Taxa	V5			
		V	O	I	P
ASUB	<i>Actinocyclus subtilis</i> (Gregory) Ralfs		9.23		
ACDA	<i>Achnantheopsis dau</i> (Foged) Lange-Bertalot	X	1.72	X	
AEXI	<i>Achnanthes exilis</i> Kützing				X
AGRN	<i>Achnanthes grana</i> Hohn & Hellermann			1.86	
ALAP	<i>Achnanthes lapidosa</i> Krasske			X	
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup		X		X
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt			1.86	2.53
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	40.65	24.30	30.01	48.01
ADMF	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.		X	X	
ADSA	<i>Achnanthidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiarova		X		
AVIT	<i>Anomoeoneis vitrea</i> (Grunow) Ross		X		
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	X	X	X	X
CPPL	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg var. <i>pseudolineata</i> Geitler				X
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X			
CPST	<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt	X			
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	X			
DGPE	<i>Diademsis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot		X		
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing		X		
ENME	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G.Mann		X		
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	3.70	5.81	1.20	X
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer		X		
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann			10.09	12.09
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	5.31	8.39	6.51	6.68
EBMU	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills var. <i>mucophila</i> Lange-Bertalot Norpel & All		X		
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières	X	2.80		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			1.06	3.43
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	X	4.09	14.08	5.78
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		X	X	X
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot		1.29	X	X
FVIR	<i>Fragilaria virescens</i> Ralfs		X		
GDEC	<i>Geissleria decussis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot & Metzeltin		X		
GANT	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	X			
GPAP	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	X		1.99	X
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	X	X		
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick	X	4.30	X	X
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann		X		
MAAT	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot			X	
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) L-Bert. var. <i>permitis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	1.15			
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh			X	X
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	X	6.88		X
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot				X
NDGR	<i>Navicula digitatata</i> (Gregory) Ralfs var. <i>rostrata</i> Hustedt	1.39			
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin		1.94	17.53	1.99
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	X			1.99
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	15.01	1.94		X

Siglas		V5			
	Taxa	V	O	I	P
NMEN	<i>Navicula menisculus</i> Schumann	X			
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880			1.86	X
NPLA	<i>Navicula placentula</i> (Ehrenberg) Kützing	X			1.99
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	X	1.08		
NSLU	<i>Navicula subminuscula</i> Hustedt		X		
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing				X
NBRE	<i>Nitzschia brevissima</i> Grunow		X		
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch		2.58		
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow		X	X	X
NFON	<i>Nitzschia fonticola</i> Grunow in Cleve & Möller			1.99	
NLSU	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>subtilis</i> (Grunow) Hustedt	1.15			
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	8.31	7.31	1.46	
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo		5.16	1.86	
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst			X	
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	X			
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory		X		
PTLA	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			1.99	3.79
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	X	4.09	X	
PHEL	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	X			
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round	14.55		X	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer			X	2.35
RUNI	<i>Reimeria uniseriata</i> Sala Guerrero & Ferrario	X			
SEBA	<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) D.G.Mann	X			
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	X	X		X
TVEN	<i>Tabellaria ventricosa</i> Kützing	X			
População total		433	465	753	554
Número de espécies		32	44	57	46
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		2.9	4.0	3.3	3.0

Tabela V.19 – Troço do rio Vouga: Estação V7.

Siglas	Taxa	V7			
		V	O	I	P
ACDA	<i>Achnantheiopsis daui</i> (Foged) Lange-Bertalot	X	2.02	X	X
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.	X			
AEXI	<i>Achnanthes exilis</i> Kützing				X
AGRN	<i>Achnanthes grana</i> Hohn & Hellermann		X	X	X
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	X	1.21	X	
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	1.49	35.02	1.44	2.61
ADMI	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	32.41	12.15	40.26	44.03
ADMF	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grun.) Bukht.	X			
ADSA	<i>Achnantheidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		X		
ALIB	<i>Amphora libyca</i> Ehrenberg	1.07			
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg		X	X	1.37
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	X	2.23		
CPST	<i>Cyclotella pseudostelligera</i> Hustedt	X			
CGRA	<i>Cymbella gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing		X		
DCOT	<i>Diadesmis contenta</i> Grun. var. <i>biceps</i> (Cleve) Mann	X			
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing				X
ENME	<i>Encyonema mesianum</i> (Cholnoky) D.G.Mann		X		
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G.Mann		1.62	1.57	
ENNG	<i>Encyonema neogracile</i> Krammer		X		
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann	X	X	9.15	12.62
EAQL	<i>Encyonopsis aequalis</i> (W.Smith) Krammer	4.26			
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X	11.94	8.10	14.54
EBIL	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Mills	14.93		X	
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			X	1.10
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot			10.20	2.47
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		X		
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot		X		1.23
FUOX	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch.) Lange-Bert. var. <i>oxyrhynchus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	1.07			
FVUL	<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni				X
GAFF	<i>Gomphonema affine</i> Kützing		X		
GANT	<i>Gomphonema angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	X			
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.99	7.09	2.09	4.80
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke	X	1.21		X
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick			1.18	
MAAT	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	X			
MAPE	<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot var. <i>permittis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot				X
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh			X	X
NAAN	<i>Navicula angusta</i> Grunow			X	
NARV	<i>Navicula arvensis</i> Hustedt		X		
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	X	1.62	X	1.51
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot			X	
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	1.49	1.01	9.54	2.61
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg			1.44	1.92
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	X	3.04	X	

Siglas		V7			
	Taxa	V	O	I	P
NLOV	<i>Navicula longicephala</i> Hustedt	21.96			
NRCH	<i>Navicula reichardtiana</i> Lange-Bertalot	X			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing		X		X
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> Kützing Cleve		X		
NIRI	<i>Neidium iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	X			
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow			X	X
NIGR	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch			X	
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith	X			
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	4.69	2.83	3.40	1.78
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	X	4.05	1.44	1.23
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst			X	
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory		1.42		
PTLA	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova			1.44	1.78
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova	2.56	6.07	1.96	1.37
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round			X	
RSIN	<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	X			X
SPIN	<i>Staurosirella pinnata</i> (Ehrenberg) Williams & Round				X
SANG	<i>Surirella angusta</i> Kützing			X	
SRBA	<i>Surirella roba</i> Leclercq	X			
População total		469	494	765	729
Número de taxa		32	42	44	43
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.3	3.4	3.2	3.0

Tabela V.20 – Troço do rio Vouga: Estação V14.

Siglas	Taxa	V14			
		V	O	I	P
ACDA	<i>Achnantheopsis daui</i> (Foged) Lange-Bertalot		X	X	
ABIA	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>biasolettiana</i> Grunow in Cleve & Grun.			X	
ABSU	<i>Achnanthes biasolettiana</i> Grunow var. <i>subatomus</i> Lange-Bertalot			X	
ALAN	<i>Achnanthes lanceolata</i> (Breb.) Grunow	X			
AOBG	<i>Achnanthes oblongella</i> Oestrup	X	X	1.34	X
ASHU	<i>Achnanthes subhudsonis</i> Hustedt	2.46	24.71	3.28	7.04
ADMI	<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	10.88	20.13	10.00	10.56
AMII	<i>Achnanthidium minutissimum</i> Kützing var. <i>inconspicua</i> Oestrup	X			
ADSA	<i>Achnanthidium saprophila</i> (Kobayasi & Mayama) Round & Bukhtiyarova		X		
AAMB	<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grun.) Simonsen			X	
CPLA	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	X	X		X
CMEN	<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing		1.47	X	
CASP	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	X			
CCUS	<i>Cymbella cuspidata</i> Kützing	X			
DGPE	<i>Diadesmis gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot	X			
DMES	<i>Diatoma mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing				X
ENMI	<i>Encyonema minutum</i> (Hilse in Rabh.) D.G Mann	1.40	3.93	X	3.33
ESLE	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch in Rabh.) D. G. Mann		1.47	1.19	24.26
EOMI	<i>Eolimna minima</i> (Grunow) Lange-Bertalot	21.93	15.55	17.61	5.56
EEXI	<i>Eunotia exigua</i> (Breb.) Rabenhorst				X
EMIN	<i>Eunotia minor</i> (Kützing) Grunow in Van Heurck		X		X
FSAP	<i>Fistulifera saprophila</i> (Lange-Bertalot & Bonik) Lange-Bertalot			35.82	
FCAP	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières		X		
FCRU	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>rumpens</i> (Kützing) Lange-Bertalot			1.64	1.30
FCVA	<i>Fragilaria capucina</i> Desmazières var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot		X	4.48	3.70
FCRO	<i>Fragilaria crotonensis</i> Kitton		X	1.34	X
FULN	<i>Fragilaria ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	4.04	X		X
FRVI	<i>Frustulia rhomboides</i> (Ehrenberg) De Toni var. <i>viridula</i> (Brebisson) Cleve		X		
GDEC	<i>Geissleria decussis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot & Metzeltin				X
GPAR	<i>Gomphonema parvulum</i> Kützing	2.46	1.15	1.64	1.48
GRHO	<i>Gomphonema rhombicum</i> Fricke			X	
HARC	<i>Hannaea arcus</i> (Ehrenberg) Patrick				X
HCAP	<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski			X	X
LMUT	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D. G. Mann				X
MVAR	<i>Melosira varians</i> Agardh			X	1.30
NCRY	<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	6.49	2.45	2.69	6.11
NCTE	<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	X	X		
NGRE	<i>Navicula gregaria</i> Donkin	X	1.80	1.34	7.04
NLAN	<i>Navicula lanceolata</i> (C. Agardh) Ehrenberg	1.05			1.67
NLST	<i>Navicula leptostriata</i> Jorgensen	35.61	3.44	X	X
NMIS	<i>Navicula minuscula</i> Grunow in Van Heurck 1880			X	
NRCR	<i>Navicula reichardtiana</i> var. <i>crassa</i> Lange-Bertalot & Hofmann	X			
NRHY	<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	X	X	X	3.52
NVEN	<i>Navicula veneta</i> Kützing			X	
NVRO	<i>Navicula viridula</i> (Kützing) Ehrenberg var. <i>rostellata</i> Kützing Cleve	X			

Siglas		V14			
	Taxa	V	O	I	P
NALP	<i>Neidium alpinum</i> Hustedt				X
NCLA	<i>Nitzschia clausii</i> Hantzsch	X	1.64		X
NDIS	<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützinger) Grunow		X	X	X
NIGR	<i>Nitzschia gracilis</i> Hantzsch			X	
NLIN	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>linearis</i>	X			
NZLT	<i>Nitzschia linearis</i> (Agardh) W.M.Smith var. <i>tenuis</i> (W. Smith) Grunow				1.11
NPAL	<i>Nitzschia palea</i> (Kützinger) W. Smith	4.56	3.93	7.61	6.30
NIPM	<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	1.23	9.00	X	1.48
NREC	<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch ex Rabenhorst			X	
PMIC	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve				1.30
PPDG	<i>Pinnularia pseudogibba</i> Krammer		X		
PSCA	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	X		X	
PSEL	<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer			1.79	X
PCLT	<i>Placoneis clementis</i> (Grun.) Cox				4.81
PLFR	<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova	X		1.04	X
PTLA	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Breb.) Round & Bukhtiyarova		2.13	X	X
PSAT	<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		X	1.04	
PSBR	<i>Pseudotaurosira brevistriata</i> (Grun. in Van Heurck) Williams & Round			X	
SPUP	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützinger) Mereschkowsky				X
População total		570	611	670	540
Número de taxa		28	48	49	54
Índice Diversidade de Shannon-Wiener (H' bitsind ⁻¹)		3.1	3.5	3.3	4.0